

Aus der Medizinischen Universitätsklinik in Marburg-Lohn
Direktor: Professor Dr. med. G. A. Martini

Vergleichende Untersuchungen der ergospirometrischen Kriterien zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit bei Gesunden und Kranken

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Hans-Eberhard Zühlke
aus Stettin

Marburg 1965

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Aus der Medizinischen Universitätsklinik in Marburg-Lohn
Direktor: Professor Dr. med. G. A. Martini

Vergleichende Untersuchungen der ergospirometrischen Kriterien zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit bei Gesunden und Kranken

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Hans-Eberhard Zühlke

aus Stettin

Marburg 1965

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am...23.6.1965...
gedruckt mit Genehmigung der Fakultät
Dekan: Prof. Dr. med. H. Hensel
Referent: Dozent Dr. med. H.H. Marx
Correferent: Prof. Dr. med. G.A. Martini

Inhaltsverzeichnis

A.	EINLEITUNG	1
B.	METHODIK	
	I. Spirometer	2
	II. Ergometer	3
	III. Meßgrößen und Abkürzungen	3
C.	UNTERSUCHUNGSGANG	4
D.	ÜBERSICHT DER LEISTUNGSKRITERIEN NACH DER LITERATUR UND EIGENE UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	
	1. Sauerstoffaufnahme	6
	2. Atemminutenvolumen	10
	3. Atemäquivalent	15
	4. Maximale Sauerstoffaufnahme	18
	5. Spirographisches Sauerstoffdefizit	22
	6. Pulsfrequenz	26
	7. Sauerstoffpuls	28
E.	VERGLEICHENDE BETRACHTUNG DER EINZELNEN UNTERSUCHUNGSKRITERIEN	33
F.	SCHLUSSFOLGERUNG	41

TABELLE

LITERATURVERZEICHNIS



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A. Einleitung

In den letzten 50 Jahren wurden zahlreiche Funktionsprüfungen für Herz und Lunge in Praxis und Klinik entwickelt und eingeführt. Unter ihnen haben die Untersuchungen mittels Ergospirometrie während und nach Arbeitsbelastung die größte Bedeutung erlangt. Dabei erfolgt die Auswertung der körperlichen Leistungsfähigkeit hauptsächlich durch folgende Kriterien: Spirographisches Sauerstoffdefizit, Maximale Sauerstoffaufnahme, Atemäquivalent, Leistungspulsindex nach A. E. Müller, Herzleistungsquotient nach Alleröder und Landen, bzw. Erholungsquotient nach Böhlau, Prinzip der kleinen Wattstufen, Sauerstoffdauerleistungsgrenze nach Joss bzw. Hollmann. Außerdem wurden spezielle oxymetrische und gasanalytische Verfahren eingeführt.

Gegen manche dieser Methoden sind Einwände erhoben worden, teils aus methodischen Gründen, teils im Hinblick auf die Auswertung der Ergebnisse. Es erschien deshalb angezeigt, in vergleichenden Untersuchungen einige dieser Verfahren kritisch zu überprüfen.

Die eigenen Versuche wurden so eingerichtet, daß bei demselben Probanden folgende Untersuchungskriterien in verschiedenen Belastungsstufen registriert und gemessen werden konnten:

1. Sauerstoffverbrauch
2. Atemminutenvolumen
3. Atemäquivalent
4. Maximale Sauerstoffaufnahme
5. Spirographisches Sauerstoffdefizit
6. Pulsfrequenz
7. Sauerstoffpuls.

Die Aufgabe dieser Arbeit ist es nun:

- 1) einen Überblick über diese Untersuchungsmethoden zu geben,
- 2) diese an Hand eigener spiographischer Untersuchungen zu prüfen und

- 3) durch Gegenüberstellung und Vergleich darzulegen, welche dieser Methoden bei Gesunden und Kranken als am besten aussagefähig anzusehen sind.

B. Methodik

I. Spirometer

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde der Knipping-Spirograph Typ 157 verwandt, der hier in Kürze beschrieben werden soll.

Der Knipping-Apparat gehört zu den Gasstoffwechselapparaten mit geschlossenem, ventilfreien System. Eine Lamellenrotationspumpe mit verstellbarer Leistung sorgt für einen dauernden Kreislauf der Systemluft. Durch eine 16-Liter-Glocke wird jede Volumenschwankung im System mit Hilfe eines Glaskapillarschreibers sofort graphisch auf ein geeichtes Registrierpapier aufgezeichnet, das auf einem Wechselkymographen mit den Stufen 15, 50 und 300 mm/min. läuft. Ein Lamellenkühler mit Kontaktthermometer hält die Temperatur konstant, während ein Tauchkühler für gleichbleibende Wasserdampfspannung sorgt. Der Luftdruck im System entspricht durch ein Druckausgleichsventil den Außenverhältnissen. Durch eine durchsichtige, gut abschließende Gesichtsmaske wird der Proband an das System angeschlossen. Das langsame Absinken der Spirometerglocke zeigt den Verbrauch von Sauerstoff an. Aus dem Anstieg der Atemkurve ergibt sich somit der Sauerstoffverbrauch/min. Schwankungen des prozentualen Sauerstoffgehaltes werden durch einen Sauerstoffstabilisator verhindert, durch den fortlaufend, dem verbrauchten Sauerstoff entsprechend, von Hand dem System Sauerstoff zugeführt wird. Gleichzeitig werden volumetrisch gleiche Mengen an Systemluft abgesaugt. Durch oft erneuerten Natronkalk

wird das ausgeatmete Kohlendioxyd ständig absorbiert. Durch häufige Gasanalysen wurde der Kohlendioxydgehalt der Systemluft kontrolliert. Er betrug konstant 0,12 Vol.% mit nur minimalen Schwankungen. Die Erhöhung des Sauerstoffgehaltes im System erfolgte in einigen Sekunden durch ein Sauerstoffbalancegerät auf Werte, die um 45 Vol.% lagen.

II. Ergometer

Zur meß- und reproduzierbaren körperlichen Arbeit wurde bei den eigenen Versuchen die Drehkurbelarbeit am Wirbelstromergometer angewandt. Es handelt sich hierbei um die Bewegung eines metallischen Schwungrades, das durch elektrische Magneten gebremst wird, deren Feldstärke durch einen in den Stromkreis eingebauten Schiebewiderstand verändert werden kann. Als Maß der magnetischen Feldstärke dient bei gleichbleibender Netzspannung die gemessene m-ampère-Zahl. Die Leistungstufe wird in Watt oder in mkg/sec angegeben,

$$1 \text{ mkg/sec} = 9,81 \text{ (ca. 10) Watt.}$$

Ein eingebauter Waagebalken, verbunden mit der Verstellbremse, gestattet eine laufende Kontrolle des Gerätes.

Die Kurbellänge betrug 29,5 cm. Auf eine individuelle Kurbelhöhe wurde verzichtet; sie wurde bei allen Versuchen bei 1 m belassen.

Die Zahl der Umdrehungen betrug 40/min, die nach dem Takt eines auf 80 Schläge/min. eingestellten Metronoms ausgeführt wurden. So fielen die Schwankungen fort, die durch die unwillkürlich angewandten Stoß- und Zugbewegungen bei den Umdrehungen, hauptsächlich in den höheren Wattstufen, auftraten.

III. Meßgrößen, Abkürzungen

1. Atemäquivalent (ÄÄ): Verhältnis von Atemminutenvolumen zur Sauerstoffaufnahme pro Minute.

2. Atemminutenvolumen (AMV): Gesamtventilation der Lunge pro Minute.
3. Atemgrenzwert (AGW): Die Menge Luft, die in einer Minute von der Lunge maximal ventiliert werden kann.
4. Atemstoß: Das aus maximaler Inspirationsstellung in 1 Sekunde maximal expirierte Atemvolumen.
5. Atemvolumen (AV): Die in einem normalen Atemzug ventilierte Luftmenge.
6. Maximale Sauerstoffaufnahme: Höchster Minutenwert des Sauerstoffaufnahmevermögens unter Sauerstoffatmung nach steigender Arbeitsbelastung.
7. Sauerstoffpuls: Sauerstoffaufnahme in ml/min. dividiert durch die Pulsfrequenz in der gleichen Minute.
8. Vitalkapazität: Luftmenge, die nach maximaler Inspiration bei tiefster Expiration ausgeatmet werden kann.

C. Untersuchungsgang.

Von einer Untersuchung unter Grundumsatzbedingungen wurde abgesehen. Die Versuche fanden am späten Vor- und Nachmittag statt, wobei darauf geachtet wurde, daß der Proband 2-3 Stunden vorher nichts gegessen hatte und nicht unter medikamentöser Einwirkung stand. Das Alter aller Untersuchten lag zwischen 20 und 40 Jahren, bis auf zwei, die 43 bzw. 44 Jahre alt waren.

Nach Erklärung des Untersuchungsganges wurde die Versuchsperson mit der Vollblickmaske an das System angeschlossen und unter Zimmerluft im Sitzen Ruhepuls, Sauerstoffverbrauch, Atemminutenvolumen gemessen; danach im Stehen jeweils 2-3fach Vitalkapazität, Atemstoß und Atemgrenzwert. An diese Ruhefunktionsprüfung anschließend erfolgte zunächst die Messung der maximalen Sauerstoffaufnahme unter Sauerstoffatmung und kontinuierlicher Leistungssteigerung. Die erste Belastungs-

stufe betrug -dem Gesundheitszustande des Probanden entsprechend- 20 bzw. 30 Watt. Nach 1 1/2 Minuten Arbeitszeit wurde fortlaufend um jeweils 20, bzw. 30 Watt höher belastet; bis bei den Normalpersonen die Muskelkraft erlahmte, oder bei den Patienten wegen Erschöpfung, Herzklopfen oder Atemnot der Versuch abgebrochen werden mußte. An den nächsten Tagen -also mit großen Unterbrechungen- wurde dann jeweils mit 20, 40 usw. Watt, bzw. 30, 60 usw. Watt belastet, bis zu der Belastungsstufe, die der Proband gerade noch im steady state durchhalten konnte. Verschiedene Wattstufen wurden zur Kontrolle mehrmals wiederholt. "Steady state" bedeutet Stoffwechselgleichgewicht, welches nach einer Anlaufzeit von mehreren Minuten erreicht wird und in dem dann Sauerstoffaufnahme, Kohlendioxydabgabe und das Atemminutenvolumen konstant bleiben, solange sich die Belastungsgröße nicht ändert.

Vor Arbeitsbeginn blieb der Proband 2-3 Minuten entspannt stehen, bis seine Atmung ruhig und gleichmäßig war, um dann auf Kommando mit der Arbeit im Takte eines Metronoms anzufangen. Wir erhielten somit einen Ausgangswert, der es uns ermöglichte, den Sauerstoffverbrauch während der ganzen Arbeitszeit zu bestimmen und mit anderen Wattstufen in Beziehung zu setzen. Nach einer Anlaufzeit von 5 Minuten unter Zimmerluftatmung, in der sich die Versuchsperson im steady state befand, wurden Sauerstoffaufnahme und Atemminutenvolumen gemessen. Die gleichen Werte wurden dann auch nach Umschalten von Zimmerluft- auf Sauerstoffatmung - vom Probanden unbemerkt- ermittelt. Nach Arbeitsende wurde der Radialispuls sofort und 5-8 Minuten lang minütlich gemessen, und die Atmung sowie der Sauerstoffverbrauch während dieser Zeit verfolgt.

Sämtliche Werte wurden in Tabellen zusammengefaßt, wobei die Umrechnung der Lungenvolumina und der Ventilationswerte auf 37 Grad und 760 mm Hg (BTPS) mit Hilfe der Comroe-Tabelle und der Sauerstoffaufnahme auf 0 Grad und 760 mm Hg (STPD) mit der Dargatz-Tafel erfolgte.

D. Einzelne Leistungskriterien

Betrachtung der Leistungskriterien nach der Literatur und nach eigenen Untersuchungsergebnissen.

1. Sauerstoffaufnahme

a) Allgemeines

Der O_2 -Verbrauch wird aus dem Volumenverlust der Spirometerglocke ermittelt und in ml/min angegeben.

Nach Knipping und Mit., Zaeper, Anthony, Jéquier-Doge, Galetti und Mit., Koch und Schmidt u.a. besteht zwischen dem O_2 -Verbrauch und der steigenden Belastung eine lineare Beziehung, bis dann der O_2 -Verbrauch in den höchsten Belastungsstufen in geringerem Maße ansteigt und die maximale O_2 -Aufnahme erreicht.

Gegen die Annahme einer Abflachung der O_2 -Kurve spricht sich Rossier aus, der eine lineare Zunahme des O_2 -Verbrauchs bis zu Leistungen von 200 Watt feststellte. Astrand fand eine lineare Beziehung des O_2 -Verbrauchs sogar bis zu 400 Watt. Er verwandte hierbei die offene Methode (Douglassack).

Die Höhe des O_2 -Verbrauchs in den einzelnen Wattstufen, d.h. der Anstieg des O_2 proportional zur Belastung, ist bei den einzelnen Autoren recht verschieden, was auf der unterschiedlichen Arbeitsweise und den verschiedenen Geräten beruht.

b) Eigene Ergebnisse an 9 Gesunden (Abb. 1)

Unsere gesunden VP nahmen in Ruhe eine durchschnittliche O_2 -Menge von 310 ml in einem Schwankungsbereich von 280-325 ml auf. Dann stiegen die Ergebnisse bei 30 Watt, der ersten Belastungsstufe, fächerförmig auf 920-1305 ml mit einem

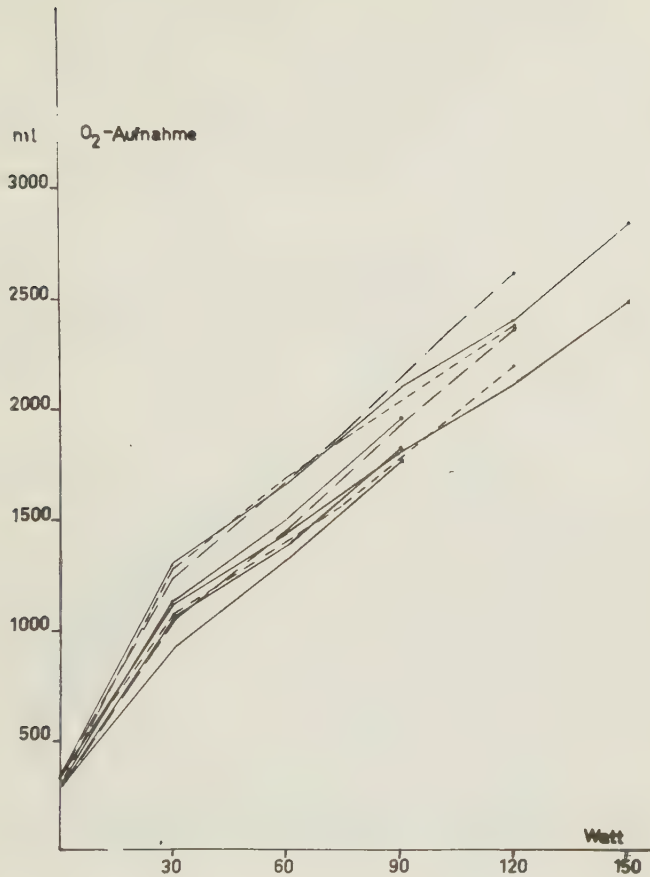


Abb. 1: Der Sauerstoffverbrauch gesunder Versuchspersonen in Ruhe und in den verschiedenen Belastungsstufen. $n = 9$

Mittelwert von 1130 ml an. Der Kurvenanstieg war hier steiler als der nun folgende. In den nächst höheren Belastungsstufen im steady state ließ sich der O_2 -Verbrauch der einzelnen Probanden annähernd als Gerade einzeichnen, d. h. die O_2 -Aufnahme war proportional der Leistung. Die Versuche mit einer Belastung von 60 Watt ergaben Mittelwerte der O_2 -Aufnahme von 1480 ml. Belastungen von 90 Watt steigerten den O_2 -Verbrauch auf 1900 ml, von 120 Watt auf 2350 ml und von 150 Watt auf 2665 ml.

Eine Abflachung der O_2 -Aufnahme in den höchsten Belastungsstufen konnten wir bei unseren gesunden VP nicht verzeichnen.

c) Kranke (Abb. 2)

Es handelt sich um 13 Herz- und 6 Lungenkranke.

Hier lag die O_2 -Aufnahme in Ruhe in der gleichen Größenordnung der bei den gesunden VP gefundenen Werte und zeigte bis zur ersten Belastungsstufe ebenso einen steileren Anstieg des O_2 -Verbrauchs als in den höheren Wattstufen. Sodann sah man, daß der Anstieg des O_2 -Verbrauchs einiger Probanden nicht proportional zur Belastung erfolgte, sondern daß in jeder nächsthöheren Belastungsstufe im Verhältnis zur Leistung weniger O_2 aufgenommen wurde, und, wie wir später sehen werden, eine Annäherung zur maximalen O_2 -Aufnahme erreicht wurde, die z.T. sehr niedrig war. Andere Patienten wiederum ließen diese Abflachung der O_2 -Aufnahme nicht erkennen. Sie nahmen wie die gesunden VP O_2 proportional der Belastung auf.

Es war schwierig, Mittelwerte für unsere Patienten anzugeben, zumal sie, wenn sie überhaupt mehr als zwei verschieden große Belastungsstufen im steady state durchhielten, sehr verschieden stark belastet werden konnten. Signifikante Unterschiede der O_2 -Aufnahme Lungen- und Herzkranker konnten wir nicht mit Sicherheit feststellen, zumal auch keine exakt großen Unterschiede in der Größe des O_2 -Verbrauchs

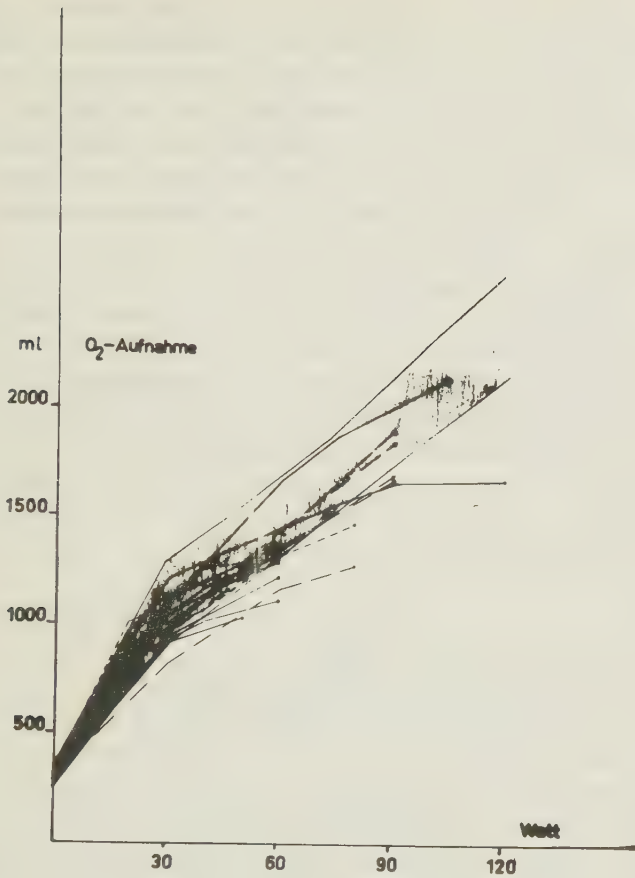


Abb. 2: Die Sauerstoffaufnahme Kranker in Ruhe und in den einzelnen Wattstufen. Der Normbereich unserer gesunden VP ist schraffiert eingezeichnet. Herz- und Lungenkranke sind hier gemeinsam dargestellt, da sich ein spezielles unterschiedliches Verhalten nicht erkennen ließ. $n = 17$

gegenüber den Gesunden, abgesehen von der Abflachung in den höheren Wattstufen, ins Auge fielen. Bemerkenswert war jedoch, daß die O_2 -Aufnahmewerte der Patienten größtenteils in der unteren Hälfte des Normbereiches oder in einigen Fällen in der letzten im steady state bewältigten Wattstufe sogar darunter lagen. Dies kam am besten im 60 - 80 Watt-Bereich zur Darstellung, in dem 8 VP ihre Leistungsgrenze bereits erreicht hatten.

Die isolierte Betrachtung des O_2 -Verbrauchs in den einzelnen Wattstufen brachte jedoch, abgesehen von einigen oben erwähnten Fällen, meist keine brauchbaren Anhaltspunkte für das Ausmaß der vorhandenen Herz- oder Lungenschädigung oder der eventuell noch bestehenden Reserven.

2. Atemminutenvolumen (AMV)

a) Allgemeines

Die Gesamtventilation der Lunge wird in Litern, bzw. Kubikzentimetern pro Minute gemessen und als AMV bezeichnet.

Nach Knipping und Mit., Marx und Mit., Reindell und Kirchhoff, Joss, Galetti und Mit., Landen u.a. steigt das AMV zunächst linear an, um dann von einer bestimmten Wattstufe an steiler anzusteigen. Rossier und Mit. geben einen reinen linearen Anstieg des AMV zur Leistung bis in höchste Wattstufen hinein an, ebenso Astrand. Erstere machten eine Anreicherung der CO_2 Konzentration im Spirometer - hauptsächlich in den höchsten Wattstufen - für das im Vergleich zur O_2 -Aufnahme größere AMV verantwortlich. Neuerdings fand auch Bühlmann von einem O_2 -Verbrauch von 1600 ccm an einen steileren Anstieg der AMV-Kurve.

Eine Verminderung des AMV unter O_2 beschrieben schon

Hewlett und Mit. Die Atemberuhigung nach Umschalten von Zimmerluft auf O_2 -Atmung -bei Gesunden geringfügig- wird von Knipping und Mit. als "Kaschiertes Defizit" oder als "Kompensiertes Defizit" bezeichnet, wenn sie mehr als 20%, 25% oder 30% des AMV unter Luftatmosphäre beträgt und nicht mit einem spiographischen O_2 -Defizit kombiniert ist. Allerdings muß auffallen, daß diese Angaben von den gleichen Autoren sehr verschiedenartig gehalten sind. Die Bezeichnung besagt bei ihnen, daß die Beruhigung der Atmung unter O_2 eine Mehraufnahme, wie sie sich bei gleichbleibendem AMV zeigen könnte, kaschiert hat. Diese Beruhigung der Atmung führt bei unveränderter oder erhöhter O_2 -Aufnahme zu einer Senkung des $\ddot{A}\ddot{A}$, einer zwangsläufigen Folge der Atemberuhigung. In der nächsthöheren Belastungsstufe findet sich dann meistens ein manifestes Defizit. Joss beobachtete nach einer AMV-Verkleinerung ein Wiederansteigen auf den ursprünglichen Wert nach 4 Minuten.

b) Eigene Ergebnisse an Gesunden (Abb. 3)

In Ruhe betrug das Mittel des AMV der gesunden VP 7,7l ltr. mit einer Schwankungsbreite von 6,8 - 9,1 ltr. Bis zur ersten Belastungsstufe (30 Watt) sahen wir einen steileren Anstieg des AMV, als in den weiteren Wattstufen; jedoch ist hier der Anstieg nicht so deutlich wie beim O_2 -Verbrauch ausgeprägt. Die Streuung der AMV-Werte bei 30 Watt betrug 20,0 - 29,0 ltr. mit einem Mittelwert von 23,8 ltr. Bei höherer Belastung konnte man bis zu 90 Watt (45,5) ltr einen geradlinigen Anstieg verzeichnen, d.h., das AMV stieg proportional der Leistung. Bis 120 bzw. 150 Watt nahm dann die Atmung etwas stärker zu, so daß ein stärkerer Anstieg der AMV-Kurve zu bemerken war.

Bei Betrachtung der AMV der einzelnen VP ergab sich nach einem etwas steileren Stück ein nahezu geradliniger Anstieg des AMV proportional der Belastung von 30 bis 90 Watt. Oft

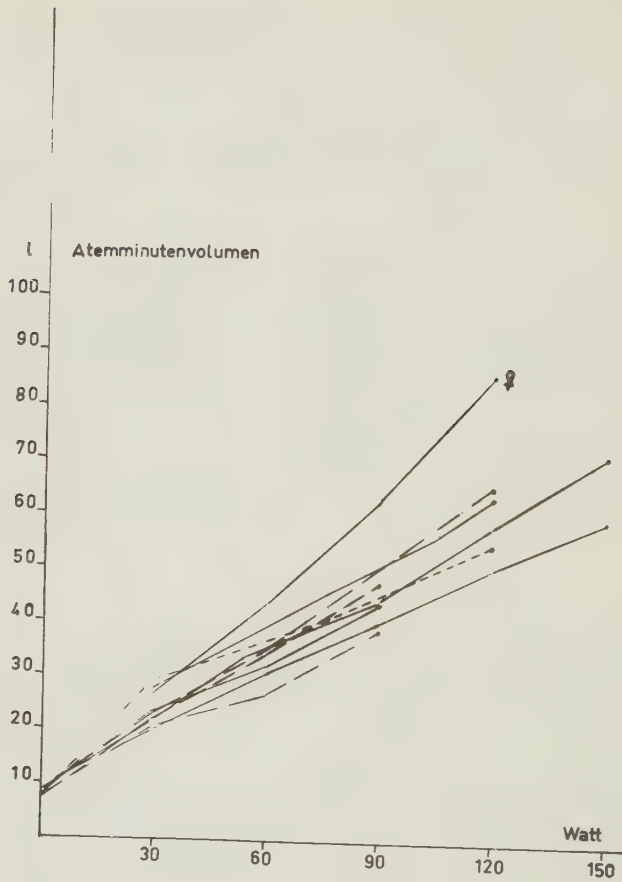


Abb. 3: Das Atemminutenvolumen Gesunder in Ruhe und in den einzelnen Belastungsstufen.

fanden wir dann eine leichte Steigerung des AMV bei der letzten im Stoffwechselgleichgewicht erreichten Wattstufe. Die oberste Kurve in Abb. 3 zeigt die AMV einer weiblichen VP, die schon bei 60 Watt ein höheres AMV aufwies als die gesunden männlichen VP in der gleichen Wattstufe und sich dann immer weiter von deren Normbereich entfernte.

c) Kranke (Abb. 4)

Hier lagen die AMV im allgemeinen höher im Vergleich zu den gesunden VP. So betrugen sie im Mittel in Ruhe 9,0 ltr., bei 30 Watt 27,1 ltr und bei 60 Watt 44,3 ltr.

Wenn man die AMV-Kurven im einzelnen betrachtet, so zeigen die der VP 10 und 23 bei einer Belastung von 75 Watt einen deutlichen Knick nach oben, d.h. eine starke Zunahme der AMV zur Belastungssteigerung. Dieser steilere Anstieg der AMV in höheren Wattstufen war bei den anderen VP nur vereinzelt andeutungsweise zu sehen. Allerdings lagen die AMV-Werte der VP Nr. 11, 12, 15, 16, 24, 28 deutlich über der Norm. Obere Grenzwerte fanden wir bei den VP Nr. 13, 17, 19, 20.

Wenn wir nun das AMV mit dem AGW in Beziehung setzen, wird im Normalfall der Proband zwei Drittel seines AGW aufbrauchen können, bevor er über Atemnot klagt. Diese Dyspnoebeschwerden treten bei niedrigem AGW schon bei geringer Belastung auf. Somit bildet ein niedriger AGW eine Leistungsbegrenzung, auch wenn eine höhere Ausbelastung des Probanden im Hinblick auf seine Herz- und Kreislautsituation möglich wäre. Siehe hierzu auch die Patienten Nr. 24, 25, 26, 28, die sich in der letzten steady state bewältigten Wattstufe sehr ihrem AGW näherten und über starke Luftnot klagten. Bei diesen 4 Patienten handelte es sich um Emphysemkranke.

Bei der Bestimmung der maximalen O_2 -Aufnahme übertraf bei den Emphysemkranken Nr. 25 und 26 das AMV mit 33,1 bzw. 36,2 ltr. den AGW von 31,6 bzw. 32,8 ltr.

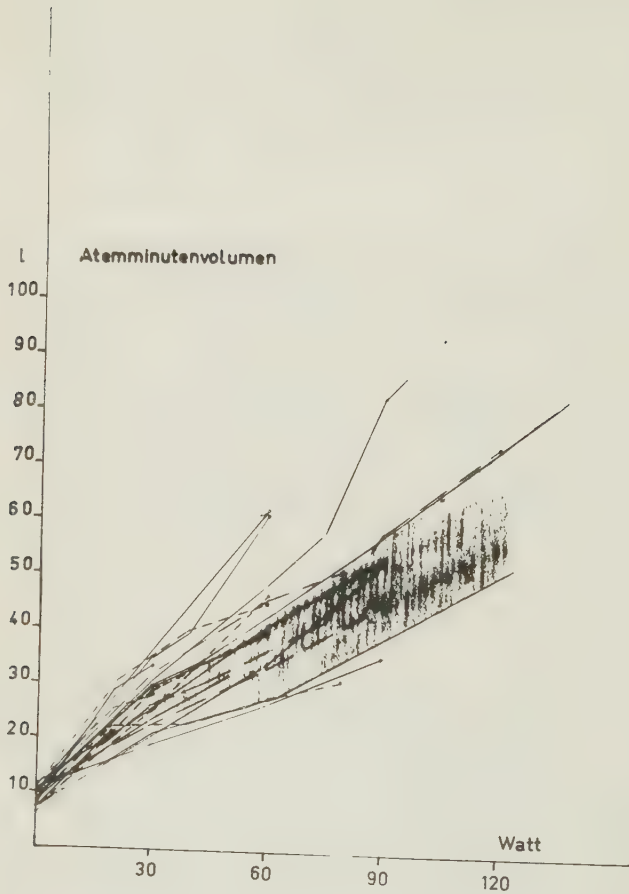


Abb. 4: Das Atemminutenvolumen Kranker in Ruhe und in den verschiedenen Wattstufen. Der Normbereich Gesunder ist zum Vergleich schraffiert eingezeichnet. $n = 17$

Außerdem konnten wir bemerken, daß Gesunde nach Höherbelastung eine Vertiefung des AV aufwiesen, während die Atemfrequenz für das nötige Arbeits-AMV in geringerem Maße erhöht wurde. Die Kranken mußten hingegen bei der Arbeit stets in erster Linie die Atemfrequenz stark erhöhen, um die nötige Ventilation zu erhalten.

3. Atemäquivalent (ÄÄ)

a) Allgemeines

Die Beziehung zwischen Ventilation und Sauerstoffaufnahme wird als Atemäquivalent oder als Ventilationsäquivalent bezeichnet. Es gibt an, wieviel Liter Atemluft bei 100 ccm Sauerstoffaufnahme ventiliert werden.

$$\text{ÄÄ} = \frac{\text{AMV (ltr.)} \times 100}{\text{O}_2\text{-Aufnahme (ml/min)}}$$

Die Normwerte schwanken in Ruhe zwischen 1,5 und 3,5 bei einem Mittelwert von 2,4. Unter körperlicher Belastung werden sie bei Verschiebung des Mittelwertes in Richtung niedriger Werte stark eingeschränkt. Sämtliche Werte sind bei den einzelnen Autoren recht verschieden.

Die Größe in der gleichen Wattstufe ist stark vom jeweiligen Trainingsgrad abhängig, wobei ein über die Norm gesteigertes Arbeits-Äquivalent für eine Arbeitsinsuffizienz spricht.

Nach Rossier und Mit. ist das Atemäquivalent bei normaler Lungenfunktion unter Belastung etwa gleich wie in Ruhe, bei gut Trainierten eher etwas kleiner. Marx und Mit. haben bereits 1954 darauf hingewiesen, daß das ÄÄ unter Belastung als praktisch bedeutsames Kriterium angesehen werden kann.

Gavazzeni und Mitarbeiter, Kirchhoff und Mit. u.a. vertreten die Ansicht, daß das Atemäquivalent bei Beginn der Arbeit zunächst kurzfristig abnimmt und dann über den Ruhewert ansteigt. Letztere geben an, daß die betreffende Versuchsperson ihrer Leistungsgrenze nahek kommt, wenn die Werte 2,2 übersteigen.

Balke und Szakal nahmen als Grenze 2,2 - 3,0 an. Diese Werte wurden bei Ergometerarbeiten in liegender oder sitzender Stellung gefunden.

Nach Knipping und Mit. liegt der Grenzbereich am Drehkurbelergometer um ca. 3,0 unter Zimmerluftatmung.

b) Eigene Ergebnisse an Gesunden (Abb. 5)

In Ruhe betrug das Atemäquivalent der gesunden VP im Mittel 2,51, mit einer Streuung zwischen 2,17 - 2,81. Bis zur ersten, teilweise auch bis zur zweiten Belastungsstufe, erfolgte ein mehr oder minder großer Abfall mit einem Mittel von 2,12. Dann stieg die Kurve langsam wieder an, um bei 100 Watt den Ruhewert von 2,51 zu erreichen und ihn bei 120 Watt mit 2,66 zu überflügeln. Die Streuung war bei 120 Watt sehr groß und betrug 2,07 - 3,56. Der höchste Wert stammte von einer weiblichen VP, deren Atemäquivalent schon bei 60 Watt 3,01 erreichte.

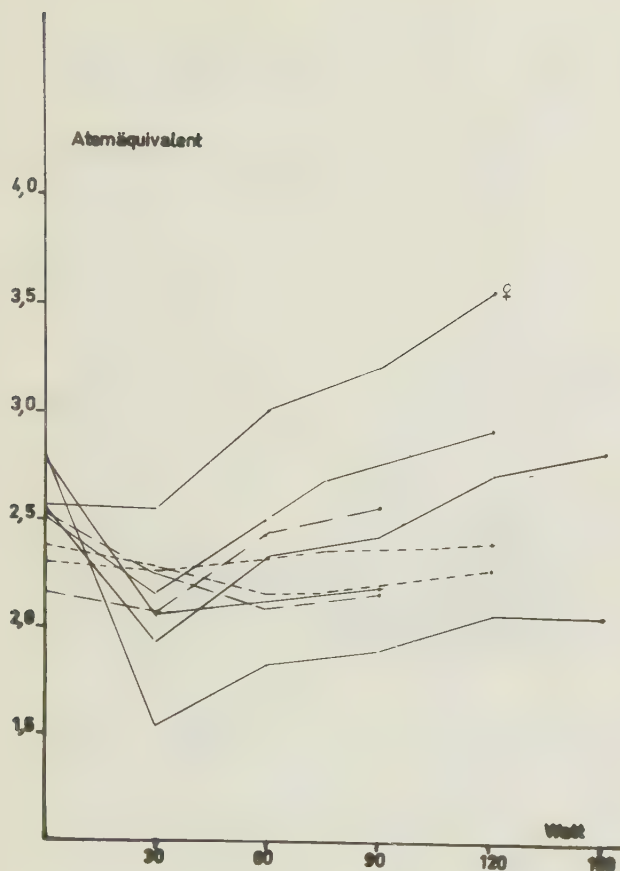


Abb. 5: Das Atemäquivalent Gesunder in Ruhe und unter Belastung. $n = 9$

c) Kranke (Abb. 6)

Hier betrug das Atemäquivalent in Ruhe im Mittel 3,08 mit einer Streuung von 2,42 - 3,64; es lag also deutlich höher als bei Gesunden. Bei der ersten Belastungsstufe sank es teilweise ab, bei anderen Patienten stieg es jedoch mehr oder minder stark an. Wenn wir nach Knipping und Mit. den Physiologischen Grenzbereich am Drehkurbelergometer mit 3,0 unter Zimmerluftatmung annahmen, dann fanden wir bei den VP Nr. 11, 13, 15, 16, 28 bereits ab der ersten Belastungsstufe Insuffizienzzeichen, denn sie lagen eindeutig über diesem Wert. Auch in der nächsthöheren Wattstufe war ein weiterer starker Anstieg des Atemäquivalents zu verzeichnen. 8 Patienten mit Mitralstenosen erreichten bei 60 Watt (ihrer letzten im steady state erreichten Leistung) eine Steigerung des Mittelwertes auf 3,81. Auch bei den VP 10 und 23 war entsprechend der starken AMV-Zunahme ab 75 Watt ein steiler Anstieg des Atemäquivalents zu sehen. Während es hier mit 2,66 bzw. 3,1 zum Teil noch als physiologisch anzusprechen war, erreichte es mit einer Belastung von 120 bzw. 105 Watt sehr hohe Werte von 4,38 und 4,32.

Die Emphysematiker überschritten diese Grenze von 3,0 mit Ausnahme von Nr. 28, der gleichzeitig eine Doppelinsuffizienz aufwies, nicht, da (s.o.) ihre kleinen Atemreserven bei kaum veränderten O_2 -Verbrauch sehr bald erschöpft waren, und die Arbeit jeweils abgebrochen wurde, bevor der Energieaufwand für die Arbeitsatmung nicht mehr abgedeckt werden konnte.

4. Maximale Sauerstoffaufnahme

a) Allgemeines

Die maximale O_2 -Aufnahme ist der höchste Minutenwert des O_2 -Aufnahmevermögens unter O_2 -Atmung bei in Abständen von ein bis zwei oder drei Minuten (Hollmann) gesteigerter

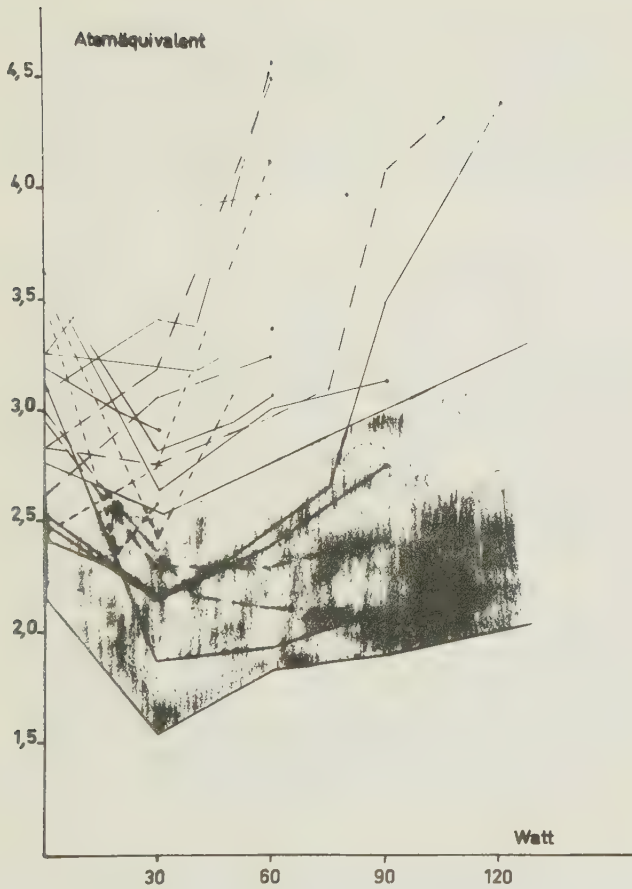


Abb. 6: Das Atemäquivalent unserer Patienten. Vergleichsweise ist der Normbereich Gesunder mit eingezeichnet. $n = 17$

Arbeitsbelastung.

Bereits in den Jahren 1925 - 35 haben sich A. V. Hill und Mit., Herbst, Meakins und Long, Harrison und Pilcher sowie Hansen mit der Bestimmung der maximalen O_2 -Aufnahme befaßt. Später haben Lehmann und Michaelis sowie E. A. Müller über diese Größe berichtet. Knipping und Mit. übernahmen dann die Methoden.

Die maximale O_2 -Aufnahme stellt einen Bruttowert der Herzkreislaufleistung dar, der angibt, welche Mengen Sauerstoff unter Belastung der arbeitenden Gesamtperepherie -dominierend der arbeitenden Muskulatur- noch zur Verfügung gestellt werden können; das heißt, daß sich durch die maximale O_2 -Aufnahme ein Einblick in die tatsächliche jeweilige Leistungssituation von Herz und Kreislauf gewinnen läßt (Knipping und Mit.). Voraussetzung ist eine normale Lungenfunktion und ein intakter Blutchemismus.

Allerdings können exakte Werte nur dann erzielt werden, wenn die zu untersuchende Person bei der Durchführung der Untersuchung guten Willen zeigt und sich voll ausgibt. Bei Kranken ist deshalb ihre Feststellung oft nicht zulässig. Die Pulsfrequenz soll sofort nach der Arbeit mindestens 150/min erreichen. Sie läßt erkennen, ob eine Ausbelastung erfolgt ist.

Gesunde, deren maximale O_2 -Aufnahme vorwiegend von der Leistungsfähigkeit von Herz und Kreislauf bestimmt wird, werden sie eher erreichen als das maximale AMV (Hill, Knipping, Valentin u.a.), wobei in einem größeren Belastungsbereich die O_2 -Aufnahme und die Atmung linear mit der Arbeit ansteigen. Nach dem Erreichen einer bestimmten Belastungsstufe steigt dann die Atmung schnell weiter an, während die O_2 -Aufnahme trotz weiterer Arbeitsbelastung konstant bleibt. Die maximale O_2 -Aufnahme ist dann erreicht.

b) Eigene Ergebnisse an Gesunden

Bei unseren gesunden VP erfolgte die Ausbelastung minimal bis zu 180 Watt und individuell höher bis zu 270 Watt und wurde bei Erschöpfung der Muskelkraft abgebrochen. Die Pulsfrequenz sofort nach Arbeitseinde betrug 156-184/min. Auf diese Weise konnte eine maximale O_2 -Aufnahme zwischen 2310 und 3950 ml registriert werden. Der Mittelwert betrug 2925 ml. Sauerstoff.

c) Kranke

Unsere Patienten hatten die maximale O_2 -Aufnahme mit einer Belastung von 60 als niedrigste und 210 als höchste Wattstufe erreicht, wo die Belastung wegen Erschöpfung, Atemnot oder Herzkopfen abgebrochen werden mußte. Nur 9 der Probanden hatten bei Abbruch eine Pulsfrequenz über 150/min, ohne daß man sagen konnte, daß die übrigen nicht auch ausgelastet waren. Die maximale O_2 -Aufnahme schwankte zwischen 1010 und 2540 ml Sauerstoff. Der Mittelwert betrug 1694 ml Sauerstoff.

Auch hier zeigten wieder die geringen Atemreserven der Emphysematiker die Leistungsgrenze an. Schon geringe Wattleistungen riefen Dyspnoe hervor, die zum Abbruch des Versuchs zwang. Entsprechend war auch die maximale Pulsfrequenz niedriger. Wie wir schon vorher gesehen haben, kann jedoch ihr maximales AMV den AGW übertreffen.

Die Ergebnisse der maximalen O_2 -Aufnahme von 2925 ml (Mittelwert) bei unseren gesunden VP im Alter von 20 - 40 Jahren stimmen mit den Ergebnissen von Valentin und Mit. (3020ml) und Hollmann (2970 ml) in dieser Altersstufe gut überein. Das maximale O_2 -Aufnahmevermögen unserer Patienten betrug im Mittel 1694 ml Sauerstoff, war somit als stark pathologisch anzusehen. Die maximale O_2 -Aufnahme könnte also ein zuverlässiges Kriterium der körperlichen Leistungsfähigkeit

gelten, da grundsätzlich nicht zu bestreiten ist, daß die Fähigkeit des Organismus, Sauerstoff nur bis zu einer gewissen Menge unter ansteigender Belastung aufzunehmen, mit einer Limitierung der Anpassungsvorgänge und Regulationen parallel gehen kann. Da es im Einzelfall aber unsicher bleibt, ob ein "Maximum" erreicht werden konnte, bleibt die Aussage im Einzelfall stets ungenau. Auch tauchen in der Praxis immer wieder Zweifel an der Unschädlichkeit dieser Untersuchungsmethoden auf.

5. Das spiographische Sauerstoffdefizit.

a) Allgemeines

Nachdem erstmals Himwich und Barr (1923) und Hill und Mit. (1925) eine Mehraufnahme von Sauerstoff bei Umschaltung von Luft auf Sauerstoff bei schwerer Arbeit beschrieben hatten, fand auch Uhlenbruck (1929) eine Steigerung der Sauerstoffaufnahme unter Sauerstoffatmung bei Patienten mit Cyanose, die durch das Versagen des Herzens bei chronischen Lungenprozessen bedingt war. Knipping und Mit. bauten diese Methode weiter aus und führten sie als Routineuntersuchung ein.

Anfangs nannte man den vermehrten Sauerstoffverbrauch "Arteriellcs Sauerstoffdefizit", später wählte man jedoch die Bezeichnung "spiographisches Sauerstoffdefizit", da die Sauerstoffzunahme zu groß ist, um sie allein auf die vollständige Sauerstoffsättigung des Lungenblutes zurückzuführen. Nach Knipping ist das Sauerstoffdefizit immer respiratorisch entstanden und kann nur respiratorisch gedeckt werden. Als Entstehungsursachen kommen eine primär pulmonal bedingte respiratorische Insuffizienz oder eine primär kardiale, sekundär respiratorische Insuffizienz, (die sogenannten Stauungsbrücken des insuffizienten Herzens), in Frage.

Man muß jedoch Zweifel an dieser Deutung haben, da auch beim Gesunden bei schwerer Arbeit spiographische Sauerstoffdefizite auftreten, obwohl bei ihnen keine Lungenstauung vorkommt.

1933 haben schon Hermannsen und von Uytvanck, 1934 Benedict und Mit. dieses Kriterium angezweifelt.

Zum Unterschied zum "relativen Sauerstoffdefizit" (Eppinger, Nyling, Simonson u.a.), das den erhöhten Sauerstoffverbrauch in der Erholungszeit nach Arbeitsende, das oxygen debt, angibt und im Herzleistungsquotienten von Landen und im Erholungsquotienten von Böhlau verwertet wird, werden die spiographischen O_2 -Defizite als "absolute Sauerstoffdefizite" bezeichnet und von Wiesinger eingeteilt in:

- 1) arterielle, die klein und kurzfristig sind,
- 2) diejenigen, die durch eine Erhöhung der Gewebs-sauerstoffspannung bedingt sind und etwas länger dauern,
- 3) die lang andauernden, die metabolischer Natur sein müssen.

Das spiographische Sauerstoffdefizit bildet somit einen Summenwert der respiratorisch bedingten, chemisch aufgelauenen Sauerstoffschulden, wobei eine Sauerstoffuntersättigung des Blutes die Voraussetzung für das Auftreten eines spiographischen Sauerstoffdefizits ist. Das heißt, daß spiographische und arterielle Sauerstoffdefizite wohl qualitativ, aber nicht quantitativ übereinstimmen können, da das spiographische Defizit auch die durch die alveoläre Untersättigung entstandenen, bzw. aufgeladenen chemischen Sauerstoffschulden einschließt (Knipping und Brauer).

In neuerer Zeit prüfte Felder gleichzeitig die Sauerstoffsättigung des Blutes und das spiographische Sauerstoffdefizit.

Er kam zu dem recht aufschlußreichen Ergebnis, daß nur ein Teil der Fälle sowohl ein Sauerstoffdefizit als auch einen Abfall der Sauerstoffsättigung im arteriellen Blut aufwies. Bei vielen, die überhaupt kein Sauerstoffdefizit hatten, konnte er eine Verminderung der Sauerstoffsättigung nachweisen. Das bedeutet bei seinen Versuchen, daß fast jeder zweite bei der alleinigen Verwendung des Sauerstoffdefizits falsch beurteilt worden wäre. Ähnliche Beobachtungen machten auch schon 1947 Wiesinger und Nager, die gelegentlich ein spiographisches Sauerstoffdefizit fanden. Doch stand dies weder in einer qualitativen noch quantitativen Beziehung zu der gefundenen Sauerstoffsättigung und ihren Veränderungen unter Sauerstoffatmung. Rossier und Mit. meinen ebenfalls, daß ein Sauerstoffdefizit im Arbeitsversuch nur auf eine respiratorische Insuffizienz im weitesten Sinne hinweist, ohne direkt etwas über den Grad der Sauerstoffuntersättigung des arteriellen Blutes auszusagen. Wegen der großen methodischen Unsicherheiten verzichteten sie ganz auf die Ermittlung eines solchen spiographischen Defizits.

Auch heute bleibt somit das spiographische Sauerstoffdefizit ein Phänomen, das bisher noch nicht völlig aufgeklärt werden konnte. Es soll am Ende der körperlichen Leistungsgrenze auftreten. Die höchste Wattstufe, die noch ohne Nachweis eines Sauerstoffdefizits bewältigt wird, bezeichnet man als die "physiologische Leistungsgrenze" oder auch Toleranzgrenze. Je höher diese liegt, um so höher ist auch die Leistungsfähigkeit des Probanden. Sie wird als Grenze der Belastung (Knipping) angesehen. Kaltenbach und Klepzig ließen jedoch auch höhere Wattstufen ausführen und fanden dann ein recht unterschiedliches Verhalten des Sauerstoffdefizits. Auch Klein und Mit. führten Mehrfachbestimmungen bei Arbeitern durch. Sie fanden bei derselben Person unter verschiedenen Wattstufen ein erstes Auftreten des Sauerstoffdefizits. Demnach ist kaum zu erwarten, daß es sich um ein objektives und exaktes Kriterium handelt.

b) Ergebnisse

Die höchste Belastungsstufe, die eben noch im steady state erreicht wird, ist natürlich individuell sehr verschieden hoch. So bewältigten unsere 9 gesunden und 19 kranken Untersuchungspersonen folgende Wattstufen.

1	.....	20 Watt
2	.....	30 Watt
1	.....	40 Watt
1	.....	50 Watt
6	.....	60 Watt
2	.....	80 Watt
7	.....	90 Watt
1	.....	105 Watt
5	.....	120 Watt
2	.....	150 Watt

- I) Von diesen hatten 6 UP (3, 5, 12, 15, 17, 20) ihre Leistungsgrenze erreicht, ohne daß ein O_2 -Defizit entstanden war.
- II) In 11 Fällen (2, 4, 7, 8, 13, 16, 18, 21, 22, 25) war beim Erreichen der Belastungsgrenze auch gleichzeitig ein O_2 -Defizit aufgetreten, das in
- a) 4 Versuchen (8, 19, 22, 25) nach Wiederholung der gleichen Belastungsstufe verschwand oder unter den kritischen Wert von 100 ccm O_2 sank.
- b) Bei Nr. 21 blieb es beim Kontrollversuch bestehen.
- III) 11 UP (1, 6, 9, 10, 11, 14, 23, 24, 26, 27, 28) waren beim ersten Auftreten eines O_2 -Defizits von mehr als 100 ml O_2 noch nicht an ihrer Belastungsgrenze angekommen. Sie konnten noch höhere Leistungen vollbringen, und zwar lag die absolute Leistungsgrenze
- | | |
|-------------|-----------------------------|
| bei 2 UP um | 10 Watt höher (14,24) |
| bei 2 UP um | 20 Watt höher (11,26) |
| bei 4 UP um | 30 Watt höher (1, 6, 9, 10) |
| bei 1 UP um | 15 und 30 Watt höher (23) |

bei 1 Up um 20 und 40 Watt höher (28)

bei 1 UP um 30 und 60 Watt höher (27)

- a) Bei 8 Probanden trat das O_2 -Defizit (1, 6, 10, 14, 23, 26, 27, 28) wieder auf.
- b) In 4 Fällen (9, 11, 24, 28) war das O_2 -Defizit nicht mehr nachweisbar.
- c) Nr. 28 nimmt hier eine Sonderstellung ein, da das zunächst bei 40 Watt entstandene O_2 -Defizit während einer Belastung von 60 Watt nicht mehr nachweisbar war, danach im Kontrollversuch jedoch wieder erschien. Mit 80 Watt Belastung war es wiederum verschwunden, da jetzt der O_2 -Verbrauch das maximale O_2 -Aufnahmevermögen erreicht hatte.

Insgesamt 11 Kontrolluntersuchungen ergaben, daß das vorher in der gleichen Wattstufe aufgetretene O_2 -Defizit unter den kritischen Wert von 100 ml O_2 gesunken oder gänzlich verschwunden war, oder bei der zweiten Untersuchung auftrat, nachdem es vorher nicht registriert worden war. Während 3 Wiederholungen blieb es bestehen.

Somit zeigt sich, daß das O_2 -Defizit als ein sehr unsicheres Kriterium zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit anzusehen ist. Diagnostische Rückschlüsse können nur mit großer Vorsicht gezogen werden. Auch kann man wohl kaum bei Begutachtungen an der Einstufung der Erwerbsminderung von Zorn bzw. Landen auf Grund eines O_2 -Defizits in den verschiedenen Wattstufen festhalten.

6. Pulsfrequenzen

- a) Zur Blutversorgung der Muskulatur benötigt das schwächere Herz für die gleiche Arbeit mehr Schläge als das kräftige. Setzt man nun die Zunahme der Arbeitsleistung zum Anstieg der Pulsfrequenz in Beziehung, so erhält man einen linearen Anstieg der Pulsfrequenz mit steigender Belastung. Dieser

ist umso steiler, je kleiner und schwächer das Herz ist. (Leistungspulsindex nach E.A. Müller). Je leistungsfähiger also der Kreislauf ist, um so geringer ist der Pulsanstieg bei steigender körperlicher Arbeit.

- b) Die Pulsfrequenz unserer gesunden Probanden betrug in Ruhe 70 Schläge/min., um dann proportional der Belastung, d.h. geradlinig, anzusteigen. Der Mittelwert nach einer Belastung von 30 Watt belief sich auf 89 Schläge/min., nach 60 Watt auf 108, nach 90 Watt auf 127 und nach 120 Watt auf 146 Schläge/min.
- c) Bei den Patienten war die Ruhefrequenz 77/min., um dann je nach Leistungsfähigkeit mehr oder weniger schnell linear anzusteigen. Eine Ausnahme machte hier die UP Nr. 26, die ebenso einen linearen Anstieg der Pulsfrequenz zur Belastung aufwies, jedoch ziemlich niedrige Werte hatte.

Im allgemeinen lagen die Pulsfrequenzen bei unseren Kranken teilweise stark über der Norm, was sich auch, wie im nächsten Kapitel zu sehen ist, sehr auf den O_2 -Puls auswirkte.

Während der Messung der Leistungspulsfrequenz ist jedoch auf Fehler zu achten, die durch vegetative Regulationsstörungen, durch Überfunktion der Schilddrüsen sowie durch hypophysäre und suprarenale Störungen auftreten können und zu stärkerer Erhöhung des Leistungspulses führen. Auch nach längerer Bettruhe und in der Rekonvaleszenz ist die Pulsfrequenz erhöht. Hier kann sie nach Belastung größer sein, als bei erheblicher Schädigung des Herzens und des Kreislaufs. Ebenso sind die Leistungspulsfrequenzen bei orthostatischen und hypertonen Regulationsstörungen sowie bei Anämie erhöht. Auch muß nach Mellerowicz bei der Beurteilung der Pulsfrequenz die Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit, der Luftdruck und sogar die Tageszeit berücksichtigt werden.

7. Sauerstoffpuls

a) Allgemeines

Von Lythgoe und Pereira (1925) eingeführt, versteht man unter Sauerstoffpuls die Sauerstoffaufnahme in ml/min. dividiert durch die Pulsfrequenz in der gleichen Minute. Seine Größe ist abhängig von der Pulsfrequenz, vom Schlagvolumen des Herzens, der Sauerstoffaufnahme, der arteria-venösen Sauerstoffdifferenz und von der Sauerstoffbindungsfähigkeit des Blutes.

Die Normwerte werden von Knipping bei Normalpersonen in Ruhe mit 4,0 - 4,5 und unter steigender Belastung mit 13,5 - 17,0 angegeben. Bei Trainierten sind es 5,5 bzw. 22,0. Hochleistungssportler können sogar 25,0 überschreiten. Aus der Größe des Sauerstoffpulses ersieht man, mit welchem Aufwand die Herzkraft die Leistungsgrenze erreicht hat. Je größer der Sauerstoffpulswert in den einzelnen Wattstufen ist, um so ökonomischer arbeitet der Kreislauf und um so größer ist seine Leistungsbreite.

Nach Hollmann ist die Größe des maximalen Sauerstoffpulses unabhängig von der Arbeitsform und Arbeitsdauer. Unterschiedlich sind nur die Teilfaktoren.

Zwischen Sauerstoffaufnahme und Pulsfrequenz besteht nach Christensen u.a. eine lineare Beziehung, d.h. je größer die Pulsfrequenz, desto größer die Sauerstoffaufnahme. Hierauf basiert das Normogramm von Astrand und Ryhming, aus dem bei "submaximaler" Arbeit aus der Pulsfrequenz die maximale Sauerstoffaufnahme errechnet werden kann.

Vor allem Reindell und Mit., Nöcker, Böhlau, Mellerowicz sowie Hollmann haben sich mit dem Sauerstoffpuls als Maßstab der Leistungsfähigkeit beschäftigt.

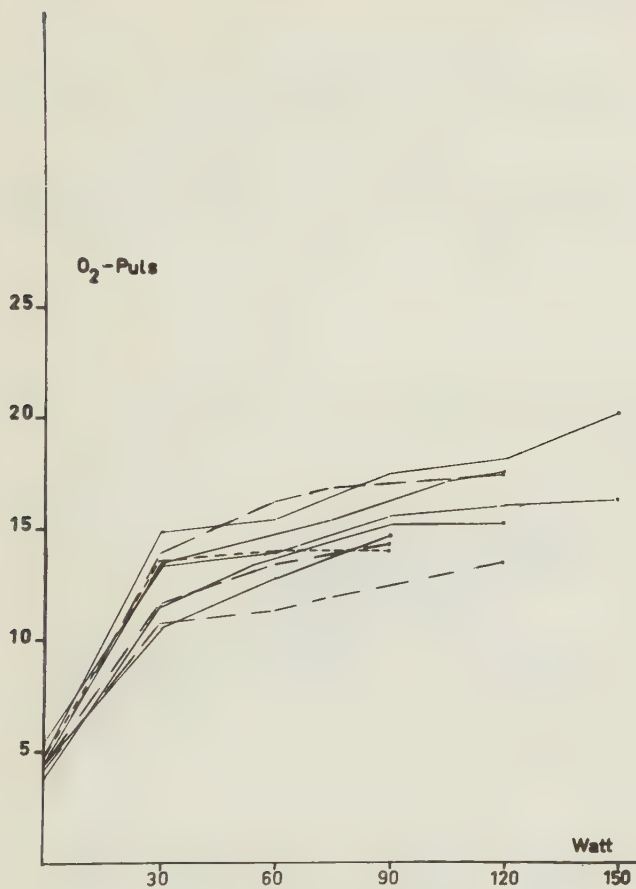


Abb. 7: Der Sauerstoffpuls Gesunder in Ruhe und unter Belastung.

b) Gesunde (Abb. 7)

Der Sauerstoffpuls betrug in Ruhe 4,44 mit einer Streuung von 3,7 - 5,3. Bis zur ersten Belastungsstufe (30 Watt) stieg die Kurve sehr steil an, mit einem Mittel von 12,6. Die Werte differierten hier von 10,5 - 13,9. Weitere Belastung erhöhte den Sauerstoffpuls im einzelnen nur sehr langsam bis zur höchsten Belastungsstufe und betrug bei 120 Watt 16,4.

c) Kranke (Abb. 8)

Bei den Patienten mit Mitralstenosen und Panzerherz fanden wir in Ruhe einen Sauerstoffpuls von 4,2, der dann bei 30 Watt auf 11,1 anstieg. Bei einer Leistung von 60 Watt fiel dieser Wert auf 10,5. Ein weiterer Abfall des Sauerstoffpulses ließ sich unter Berücksichtigung der maximalen O_2 -Aufnahme erkennen. Hier betrug er 9,6.

Bei unseren 4 Kranken mit einer Aortenisthmusstenose belief sich der Sauerstoffpuls in Ruhe auf 4,4. Eine Belastung von 30 Watt erhöhte ihn auf 9,9, von 60 Watt auf 12,1 und erreichte an der Leistungsgrenze unter einer Belastung von 80 Watt 13,1.

Der Ruhe-Sauerstoffpuls der Emphysematiker wurde mit 3,7 gemessen. Bei 20 Watt fanden wir Werte von 9,6. Bei den wenigen UP, die eine höhere Leistung verrichten konnten, sahen wir einen langsamen Anstieg. Bei 60 Watt 11,9 und bei 80 Watt 12,3.

Bei der Betrachtung der einzelnen Sauerstoffpulse lagen die meisten Werte unterhalb der physiologischen Streubreite gesunder VP oder im unteren Bereich der Norm.

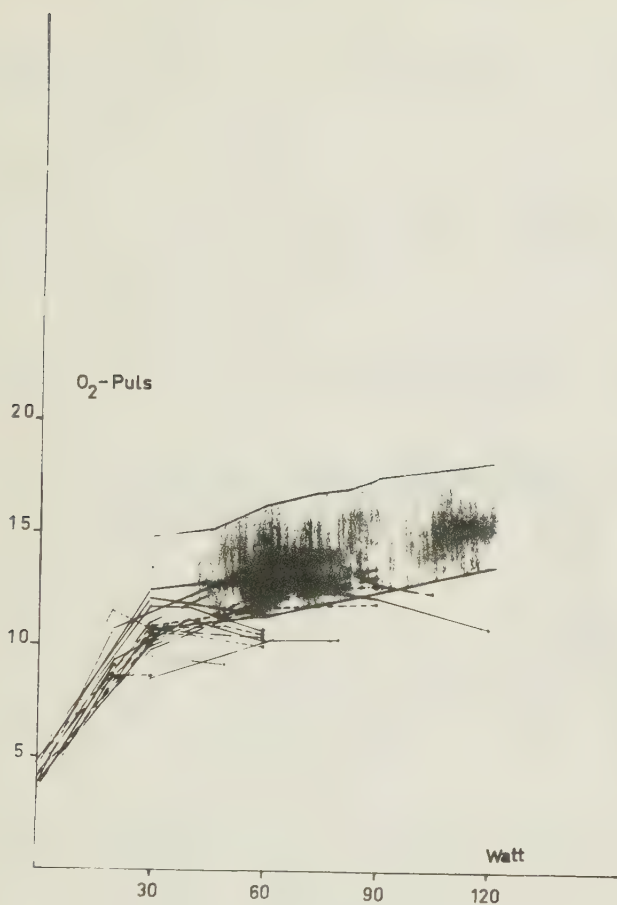


Abb. 8: Der Sauerstoffpuls Kranker in Ruhe und in den verschiedenen Belastungsstufen. Der Normbereich der gesunden VP dient als Vergleich.

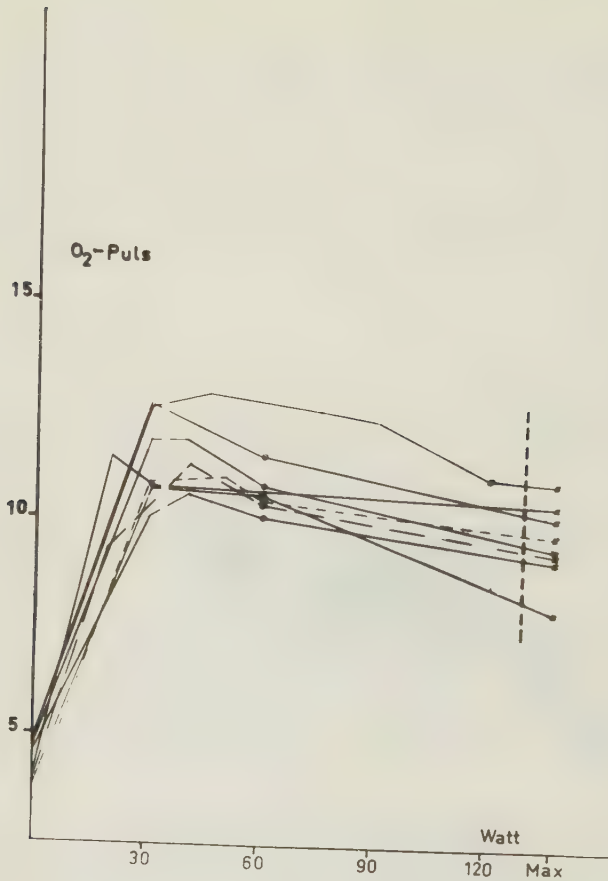


Abb. 9: Der Sauerstoffpuls bei Patienten mit Mitralstenose oder Panzerherz in Ruhe, in den verschiedenen Wattstufen und zum Vergleich der maximale O_2 -Puls bei denselben Patienten. $n = 8$

E. Vergleichende Betrachtung
der einzelnen Untersuchungskriterien

Wenn ein Kriterium zur Prüfung der Leistungsfähigkeit als Routineuntersuchung eingeführt wird, so muß es nach Marx folgende Bedingungen erfüllen:

- 1) Das Verfahren muß objektiv sein, d.h. unabhängig vom individuellen Ermessen des jeweiligen Untersuchers. Wie schnell kann man z.B. das Lineal, das die Fußpunkte aller Atemzüge verbindet und somit den O_2 -Verbrauch angibt, nur geringfügig verschieben, ohne daß man sagen könnte, daß es nun falsch sei (Felder). Gerade in den höheren Wattstufen kann nur eine geringe Verschiebung beträchtliche Unterschiede ergeben.
- 2) Die technische Fehlerbreite muß gering sein. An Fehlerquellen an der Apparatur wären zu nennen:
 - a) Mangelnde CO_2 -Absorption.
Ständige Gasanalysen, vor allem in den höheren Belastungsstufen, können diesen Fehler ausschalten. Eigene wiederholte Messungen zeigten einen konstanten CO_2 -Gehalt in der Systemluft von 0,12 Vol% mit nur minimalen Schwankungen.
 - b) Temperaturerhöhung.
Schon die Erwärmung von 1 Grad in einem 20 ltr. Spirometer bewirkt eine Volumenerhöhung von ca. 70 ml. Die Stabilisierung der Temperatur geschieht im Spirograph 157 durch einen Lamellenkühler mit Kontakt-Thermometer.
 - c) Mangelnde Durchlüftung nach einem O_2 -Versuch und damit Erhöhung des Anfangssauerstoffgehaltes.
Vor unseren Versuchen haben wir das System und vor allem die Spirometerglocke gut durchgespült, um die gleichen Anfangswerte zu erhalten.

- d) Weitere Fehler können u.a. durch schlechte Pumpenleistung, durch wechselnde O_2 -Ergänzung durch den Stabilisator, der von Hand bedient werden muß, und durch Verschiebung der Atemmittellage als scheinbare Ab- und Zunahme des Sauerstoffverbrauchs entstehen. Auch wechselnde Drehleistungen am Ergometer, die darauf beruhen, daß der Proband unter O_2 -Atmung -von ihm selbst nicht bemerkt- glaubt, leichter zu arbeiten und dabei unwillkürlich in einen schnelleren Rhythmus verfällt, sind zu vermeiden. Hierauf haben wir besonders unser Augenmerk gerichtet, um die Fehlerbreite möglichst klein zu halten.
- 3) Die Belastung muß adaequat, also den Gegebenheiten der Untersuchungspersonen wie der Fragestellung angepaßt sein.
- 4) Die Untersuchung muß unter allen Umständen unschädlich sein. Sie muß somit in zumutbaren Belastungsstufen bereits rechtzeitig und deutlich krankhaftes und normales Verhalten unterscheiden lassen, damit kein Schaden für den Untersuchten entsteht.
- 5) Der Untersuchungsgang muß reproduzierbar sein und dabei grundsätzlich die gleichen Ergebnisse erwarten lassen, von den nicht ganz auszuschaltenden geringen Einflüssen des vegetativen Nervensystems abgesehen. So kann u.a. durch sensorische Reize (Lärm, Licht) das AMV und die spez. Ventilation größer, die Pulsfrequenz höher und dementsprechend der O_2 -Puls kleiner werden.
- 6) Schließlich muß jede Belastungsuntersuchung im Stoffwechselgleichgewicht (steady state) durchgeführt werden, weil außerhalb dieses Zeitraumes das Untersuchungsergebnis unter einer Vielzahl nicht übersehbarer Einflußfaktoren des Kreislaufs und des Stoffwechsels steht und keine bindende Auswertung ermöglicht. Ein solches Stoffwechselgleichgewicht tritt aber in höheren Belastungsstufen nicht vor der 4., meist erst mit der 5. oder 6. Minute einer gleichbleibenden Belastung ein.

Aus den Versuchen von Abolin und Scherrer sowie Bühlmann wissen wir, daß dieses Stoffwechselgleichgewicht nur bis zu einer bestimmten Belastungsstufe eingehalten werden kann. Erstere haben einen humoralen Gleichgewichtszustand nur bis zu Belastungen von 100 bis höchstens 140 Watt beobachtet. -Sie ließen die Versuche am Fahrradergometer von Fleisch in sitzender Stellung bei einer Drehfrequenz von 60/min. durchführen.- Schon bei leichter Mehrbelastung trat gesetzmäßig eine metabolische Acidose auf, obschon das AMV im Verlauf des Versuches innerhalb der üblichen Schwankungen konstant blieb und damit ein respiratorisches Gleichgewicht vortäuschte. Auch die neueren Untersuchungen von Hollmann haben gezeigt, daß es jenseits einer Pulsfrequenz von 120-130/min. nicht mehr zu einem echten steady state kommt.

Wenn wir unter diesen Gesichtspunkten die einzelnen Kriterien der spirographischen Leistungsprüfung betrachten, so können nicht alle als gleichwertig angesehen werden.

I. Die maximale O_2 -Aufnahme stellt in physiologischer Sicht ein gutes Kriterium zur Erfassung der jeweiligen Leistungssituation von Herz und Kreislauf dar, jedoch tauchen starke Zweifel an der Unschädlichkeit dieser Untersuchungsmethode in der Praxis auf. Valentin und Mit. nehmen als Kontraindikation gegen dieses Verfahren ein Infarktgeschehen im letzten Jahr sowie Thrombose und Embolien, Arbeits-Angina-Pectoris, Koronarinsuffizienz und Hypertonien schwerer Art, Dekompensationszeichen u.a. an. Diese Untersuchungsform jedoch erfordert einen plötzlichen und maximalen Einsatz, so daß zuträgliche Leistungsstufen bei latent Geschädigten rasch überschritten und übersehen werden. Bei der Leistungsprüfung jugendlicher Sportler mag dies weniger in's Gewicht fallen, bei Älteren und Ungeübten stellt es ein starkes Gefahrenmoment dar. Weshalb werden sonst Untrainierte im Urlaub gewarnt, gleich Gewaltleistungen zu vollbringen? Wer läßt schon einen Anfänger plötzlich 1500 m laufen? Bei unseren Versuchen hatten sich zwei Patienten während der Prüfung der maximalen Sauerstoffaufnahme dermaßen ausgegeben, daß sie einem Kollaps nahe waren.

Weiterhin muß betont werden, daß die Untersuchung nicht im Stoffwechselgleichgewicht stattfinden kann, auch dann nicht, wenn einzelne Autoren angeben, auf jeder ansteigenden Belastungsstufe 3 Minuten verharren zu lassen. Demnach würden diese Maximalwerte eine Leistungshöhe vortäuschen, die vielleicht kurzfristig unter Einsatz der letzten Kraftreserven erzwungen werden kann, die aber keine wirkliche im steady state gemessene Leistungsfähigkeit mehr anzeigt (Marx).

Außerdem ist die Voraussetzung für eine Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit durch dieses Verfahren der Wille der Probanden zur Ausschöpfung seiner Leistungsreserven. Diese Bedingungen können vor allem in der Begutachtungssituation nicht als gegeben angenommen werden.

II. Wenn wir uns unsere Ergebnisse hinsichtlich des spiographischen Sauerstoffdefizits ansehen, so ist es erstaunlich, daß von insgesamt 14 Kontrolluntersuchungen in der gleichen Belastungsstufe, in der das Defizit erstmals aufgetreten war, dieses in 3 Fällen in der gleichen Höhe blieb, in 11 Fällen jedoch unter den kritischen Wert von 100 ccm gesunken oder ganz verschwunden war. Des weiteren ist bemerkenswert, daß das O_2 -Defizit, das in einer niedrigen Wattstufe aufgetreten war, in der oder den nächsthöheren Belastungsstufen nur in 8 Fällen wieder erschien, während es in 4 Fällen nicht mehr nachweisbar war. Allerdings ist bei diesen Versuchen einschränkend zu sagen, daß Nr. 11 und Nr. 24 in der höchsten Wattstufe bereits die maximale O_2 -Aufnahme erreicht hatten, und somit gar kein Sauerstoffdefizit entstehen konnte (siehe auch Nr. 28).

Dieses unterschiedliche Verhalten des Sauerstoffdefizits trat sowohl bei Normalpersonen als auch bei Patienten auf.

Da nach Abolin und Scherrer von einer gewissen Belastungsstufe an (bei den verschiedenen Versuchsanordnungen unterschiedlich hoch) ein steady state nicht mehr aufrechtgehalten

werden kann, ist es nicht verwunderlich, daß auch bei Normalpersonen fast regelmäßig in höheren Wattstufen O_2 -Defizite auftreten können. Dies war auch bei unseren gesunden Versuchspersonen der Fall. Zu den gleichen Ergebnissen kam auch Marx und Mit. (1954). Da aber - und hier sind sich alle Autoren einig - bei der Bemessung der Leistungsfähigkeit ein Stoffwechselgleichgewicht herrschen muß, so sind diese Versuche nur von theoretischem Interesse.

Hollmann gibt an, daß er bei einer Pulsfrequenz, die höher als 120 - 130/min. liegt, nicht mehr zu einem echten steady state kommt. Da nun aber gerade cardial geschädigte Patienten schon während niedriger Belastungsstufen recht hohe Pulsfrequenzen aufweisen, so wird der zu untersuchende Bereich, in dem ein Stoffwechselgleichgewicht herrscht, immer kleiner. Nimmt man nun noch die Fehlerquellen, die sich bei dieser Untersuchungsmethode einstellen können, hinzu (s. S. 33), so ist die Ermittlung der Toleranzgrenze nach Knipping nach dem ersten Auftreten eines spirographischen Sauerstoffdefizits als sehr fragwürdig zu bezeichnen.

Ebensowenig kann man diese Untersuchungsmethode bei Emphysematikern heranziehen, deren niedriger AGW eine Leistungsbegrenzung darstellt und die schon während niedrigen Belastungen über Atemnot klagen.

Da zwischen der Leistungspulsfrequenz und der Größe der Belastung eine gesetzmäßige lineare Beziehung besteht, können wir die Pulsfrequenz zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit heranziehen. Dabei muß man allerdings das Alter und das Geschlecht der UP berücksichtigen. Ebenso ist auf die Art der Kurbelarbeit, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und Tageszeit zu achten.

Bei der Bestimmung der Leistungsbreite genügt es, den Probanden mit zwei bis drei kleineren oder mittleren Wattstufen zu belasten, um dann aus diesen Werten auf seine Leistungsfähigkeit zu schließen.

IV. Gegenüberstellung von Sauerstoffaufnahme im steady state in den einzelnen Wattstufen, Sauerstoffdefizit und maximaler Sauerstoffaufnahme.

- a) Bei den gesunden UP bestand eine Proportionalität zwischen Sauerstoffaufnahme und Belastung bis zur höchsten Belastungsstufe. Der Sauerstoffverbrauch lag hier weit unter der maximalen Sauerstoffaufnahme. Auch gesunde UP ließen fast regelmäßig in den höheren Wattstufen Sauerstoffdefizite erkennen, die bei Kontrollversuchen in der gleichen Belastungsstufe oder bei Höherbelastung z.T. blieben, z.T. jedoch nicht mehr nachweisbar waren. Auffallend war weiterhin der große Abstand, der sich zwischen dem ersten Auftreten eines Sauerstoffdefizits und der maximalen Sauerstoffaufnahme ergab.
- b) Zum Unterschied von den gesunden UP wurde von vielen Kranken in jeder nächsthöheren Belastungsstufe proportional weniger Sauerstoff aufgenommen. Hierbei erreichte die Sauerstoffaufnahme in der höchsten im steady state geleisteten Wattstufe meistens, mit oder ohne Sauerstoffdefizit, die Größe der maximalen Sauerstoffaufnahme, die oft sehr niedrig war, oder sie lag nur gering darunter.

In Zwei Fällen (15, 17), in denen die Sauerstoffaufnahme an der Belastungsgrenze gleich der maximalen Sauerstoffaufnahme war, konnte vorher kein O_2 -Defizit nachgewiesen werden. Bei UP 13 bildete die Summe von Sauerstoffverbrauch und Sauerstoffdefizit die persönliche maximale Sauerstoffaufnahme.

VP 10 hatte beim ersten Auftreten eines Sauerstoffdefizits bei 90 Watt noch nicht ihre Belastungsgrenze erreicht. Es wurden ihr noch 120 Watt zugemutet. Wiederum trat ein Sauerstoffdefizit auf. Hierbei war dann aber die Summe von Sauerstoffaufnahme und Sauerstoffdefizit gleich der maximalen Sauerstoffaufnahme.

Ebenso konnte UP 23 nach dem ersten Sichtbarwerden eines Sauerstoffdefizits bei 75 Watt noch mit 90 und 105 Watt belastet werden. Auch hier war in der letzten Belastungsstufe ein Sauerstoffdefizit nachweisbar, das mit dem Sauerstoffverbrauch addiert die maximale Sauerstoffaufnahme ergab.

Bei UP 11 und 24 war ein zunächst entstandenes Sauerstoffdefizit in der höchsten Belastungsstufe nicht mehr nachweisbar, da hier der Sauerstoffverbrauch gleich der maximalen Sauerstoffaufnahme war.

Bei UP 28 sahen wir deutlich den Übergang der Sauerstoffaufnahme in den einzelnen Wattstufen mit und ohne Sauerstoffdefizit bis zur maximalen Sauerstoffaufnahme. Hier trat sowohl bei 40 als auch bei 60 Watt ein spiographisches Sauerstoffdefizit auf. Bei 60 Watt jedoch wurde mit Sauerstoffverbrauch plus Sauerstoffdefizit die persönliche maximale Sauerstoffaufnahme erreicht. Trotzdem schaffte der Proband noch 80 Watt. Hierbei konnte kein Sauerstoffdefizit mehr auftreten, da der O_2 -Verbrauch in dieser Wattstufe bereits gleich der maximalen Sauerstoffaufnahme war.

Wenn wir den Sauerstoffpuls in den einzelnen Wattstufen betrachteten und ihn mit dem maximalen O_2 -Puls verglichen, konnten wir sehen, daß bei den gesunden VP der größte O_2 -Puls in der höchsten Belastungsstufe erreicht wurde (Mittelwert bei 120 Watt 16,4 s. Abb. 7). Der maximale O_2 -Puls der einzelnen VP war dann gleich groß, oft jedoch noch etwas höher. Er betrug im Mittel 17,0.

Unter den Pat. wiesen diejenigen mit Mitralstenose oder Panzerherz den höchsten O_2 -Puls während einer Belastung von 20-40 Watt auf, um dann bei der Höherbelastung mit dem O_2 -Puls abzufallen. Die niedrigsten Werte fanden wir bei der Berechnung des maximalen O_2 -Pulses, der hier im Mittel 9,6 war (s. Abb. 9).

Die O_2 -Pulse unserer Kranken lagen meistens unterhalb der physiologischen Streubreite oder im unteren Bereich der Norm.

Somit kann der O_2 -Puls schon während Belastungen in kleinen bis mittelschweren Wattstufen (Mellerowicz schlägt 1 Watt pro Kilogramm Körpergewicht vor) zur Bemessung der Leistungsfähigkeit herangezogen werden.

VI Nach einer Anlaufzeit, die bei einem leistungsstarken Atem- und Kreislaufapparat kürzer ist als bei einem leistungsschwachen, stellen sich AMV und O_2 -Aufnahme auf die entsprechende Leistungssituation ein (steady state). Hierbei ist die Atmung um so ökonomischer, je größer die O_2 -Ausnutzung der Atemluft ist. Das $\ddot{A}\ddot{A}$, das in Ruhe eine große physiologische Streubreite aufweist, zeigt bei kleinen Belastungen zunächst einen Abfall, um dann in mittleren Wattstufen langsam wieder anzusteigen. Dieser Aufstieg des $\ddot{A}\ddot{A}$ ist als Ausdruck eines Absinkens der Atemökonomie zu werten. Nach Knipping und Mit. liegt der Grenzbereich am Drehkurbelergometer um ca. 3,0 unter Zimmerluftatmung. Ein großes $\ddot{A}\ddot{A}$ findet sich vor allem bei frequenter Atmung und Abnahme des AV. Demgegenüber reagiert der gesunde Organismus auf eine Erhöhung der Belastung mit einer geringen Atemfrequenzsteigerung und Vertiefung des AV und dementsprechend mit einer größeren O_2 -Ausnutzung der Atemluft.

Somit gibt das $\ddot{A}\ddot{A}$ einen guten Einblick in die Atemökonomie und kann unter Belastung als praktisch bedeutsames Kriterium angesehen werden.

S c h l u ß f o l g e r u n g

Unteren Ergebnissen können wir entnehmen, daß die physiologische Streubreite aller spiroergometrischen Kriterien ziemlich groß ist. Aus diesem Grunde ist es kaum möglich, an Hand nur einer Meßgröße Schlüsse auf die Leistungsfähigkeit eines Probanden zu ziehen. Dabei kann man diejenigen Methoden als die besten ansprechen, die bei einer leichten bis mittelschweren Belastung, die je nach Schwere einer Erkrankung einem Patienten zugemutet werden kann, eindeutige Zeichen einer Insuffizienz erkennen lassen, aber Werte angeben, die von der Norm regelmäßig abzugrenzen sind. Deshalb ist die Anwendung der Funktionsprüfungen mit maximaler Belastung, wie die Erfassung der maximalen O_2 -Aufnahme oder des maximalen O_2 -Pulses, bei Kranken im allgemeinen nicht zu empfehlen. Jede Überbelastung bedeutet eine Dezimierung der Herzkraft, jede Schädigung einen Schritt auf dem Wege zur Ruheinsuffizienz. Diese Untersuchungsmethoden sollten auf die Beurteilung von Sportlern beschränkt bleiben.

Auch die Beurteilung der Leistungsfähigkeit durch Belastung mit hohen Wattstufen erscheint sehr problematisch, da hier nach den Untersuchungen von Abolin und Scherrer sowie Bühlmann kein echtes steady state mehr erreicht werden kann. Außerhalb dieses Zeitraums steht das Untersuchungsergebnis jedoch unter einer Vielzahl nicht übersehbarer Einflüsse des Kreislaufs und des Stoffwechsels und ermöglicht keine bindende Auswertung.

Durch unsere Untersuchungen sind wir deshalb zu dem Ergebnis gekommen, daß Patienten mit mehr oder weniger starken körperlichen Schäden nur in niedrigen bis mittelschweren Belastungsstufen jeweils im Stoffwechselgleichgewicht getestet werden dürfen. Meist ist allerdings eine solche

Untersuchung langwieriger, da zwischen den Versuchen genügend lange Pausen einzusetzen sind. Diesem Zeitaufwand stehen aber wesentliche Vorteile der sicheren Aussage und vor allem der Unschädlichkeit gegenüber.

Bei diesem Untersuchungsverfahren bringt die isolierte Betrachtung der O_2 -Aufnahme keine brauchbaren Anhaltspunkte für das Ausmaß der vorhandenen Herz- oder Lungenschädigung oder der evtl. noch bestehenden Reserven, da keine signifikanten Unterschiede gegenüber den Gesunden bestehen. Ausgenommen sind einige Fälle, die eine Abflachung der O_2 -Kurve mit steigender Belastung erkennen lassen und dann meistens in der letzten Belastungsstufe einen gegenüber der Norm erniedrigten O_2 -Aufnahmewert aufweisen.

Auch die Bewertung des AMV allein bringt bei der Bemessung der Leistungsreserven nur in einigen Fällen positive Ergebnisse durch starke Überhöhung der Ventilation. Jedoch ist bemerkenswert, daß sich ein Großteil der Patienten mit ihrem AMV an der oberen Grenze des Normbereichs bewegt. Zur Beurteilung ist auch noch die Art der AMV-Steigerung heranzuziehen, wobei eine Erhöhung des AV ökonomischer ist als eine übermäßige Atemfrequenzsteigerung.

Die Beachtung des Atemäquivalents gibt uns jedoch wichtige Hinweise auf die Ökonomie der Atmung. Während das Ruhe- $\dot{V}_A$ bei Gesunden und Kranken eine sehr große physiologische Streubreite aufweist, lassen sich schon in niedrigen Belastungsstufen eindeutige Schlüsse auf eine Arbeitsinsuffizienz ziehen, wobei die untersuchte Person ihrer Leistungsgrenze nahekommt, wenn das Atemäquivalent Werte von 3,0 übersteigt.

Die Bestimmung der maximalen O_2 -Aufnahme ist als ein gutes Kriterium der körperlichen Leistungsfähigkeit anzusehen, jedoch ist es in pathologischen Fällen aus ärztlichen

Gründen und in der Begutachtung aus subjektiven Ursachen meist nicht verwendbar.

Das spirographische O_2 -Defizit ist für die Leistungsbeurteilung nicht zu verwerten, da es nicht genügend objektiv, unsicher und häufig nicht reproduzierbar ist.

Hingegen zeigt die Pulsfrequenz eine gesetzmäßige Beziehung zur Belastung. Sie läßt, auch schon in niedrigen Wattstufen, eine Beurteilung der körperlichen und kardialen Leistungsreserven zu.

Auch die Bewertung des O_2 -Pulses stellt ein gutes Kriterium der Leistungsbemessung dar.

Aus diesen Gründen erweist es sich als zweckmäßig, zur Erfassung der Leistungsgrenze und Leistungsreserven bei den spiroergometrischen Untersuchungen den Puls, den O_2 -Puls und das Atemäquivalent zu überwachen. Hierbei läßt sich schon in relativ niedrigen, für den Patienten unschädlichen Belastungsstufen ein guter Einblick gewinnen.

Unter den vielen Untersuchungsmethoden (röntgenologischen, chemischen und physikalischen) gestatten diese Funktionsprüfungen von Herz und Kreislauf eine objektive Messung, die als Ergänzung der klinischen Untersuchungen die Leistungsfähigkeit des Einzelnen zu werten hilft.

Tabelle

Nr.	Name	Watt /sec	O ₂ -Aufn. ml/min	O ₂ -Def. ml	AMV l/min	AA	Puls /min	O ₂ -Puls
1	Al.	R	325		9,1	2,81	68	4,8
	Normalperson	30	1305	-	20,0	1,54	88	14,8
		60	1660	-	30,4	1,83	108	15,4
		90	2100	20	39,8	1,90	120	17,5
		120	2405	250	49,7	2,07	132	18,2
		150	2840	110	58,3	2,06	140	20,3
		Max	3950		98,2	2,49	184	21,7
					153,0	AGW		
2	Ho.	R	320		8,2	2,56	60	5,3
	Normalperson	30	1115	-	21,5	1,93	84	13,3
		60	1440	-	33,6	2,33	104	13,9
		90	1810	-	44,0	2,43	116	15,6
		120	2120	50	57,4	2,71	132	16,1
		150	2490	200	70,2	2,82	152	16,4
		Max	3480		112,5	3,22	168	20,7
					164,0	AGW		
3	Ca.	R	320		7,3	2,30	72	4,4
	Normalperson	30	1230	-	27,8	2,26	96	13,4
		75	1890	30	44,6	2,36	124	15,4
		105	2340	-	55,7	2,38	136	17,2
		120	2620	30	62,7	2,40	148	17,6
		Max	3230		113,0	3,50	184	17,6
					176,0	AGW		
4	Me.	R	300		7,2	2,38	72	4,2
	Normalperson	30	1280	30	29,0	2,28	92	13,9
		60	1690	70	36,6	2,16	104	16,2
		75	1845	60	38,5	2,09	112	16,5
		75	1870	-	40,3	2,16	112	16,8
		120	2380	140	54,0	2,27	136	17,5
		Max	2750		79,2	2,88	156	17,6
					225,0	AGW		
5	Hu.	R	315		6,8	2,17	72	4,4
	Normalperson	30	1065	30	22,0	2,06	92	11,6
		60	1390	-	33,9	2,44	104	13,4
		60	1430	-	36,2	2,53	104	13,7
		90	1830	50	46,9	2,56	128	14,3
		Max	2500		78,1	3,13	168	14,9
					113,0	AGW		
6	Ma.	R	280		7,2	2,56	76	3,7
	Normalperson	30	1050	-	26,8	2,55	92	11,4
	weibl.	60	1440	-	43,4	3,01	108	13,3
		90	1920	120	64,9	3,38	128	15,0
		90	1890	140	62,2	3,29	128	15,2
		120	2380	200	84,7	3,56	156	15,3
		Max	2740		74,1	2,71	180	15,2
					131,0	AGW		
7	De.	R	325		8,1	2,51	80	4,1
	Normalperson	30	1070	-	23,0	2,15	100	10,7
		60	1400	30	35,1	2,51	124	11,3
		75	1570	-	42,0	2,68	132	11,9
		120	2200	120	64,3	2,92	160	13,5
		Max	2870		133,0	4,64	180	15,9
					171,0	AGW		

Nr.	Name	Watt /sec	O ₂ -Aufn. ml/min	O ₂ -Def. ml	AMV l/min	AA	Puls /min	O ₂ -Puls
8	Ti.	R	290		8,1	2,79	64	4,6
	Normalperson	30	1130	-	23,3	2,06	84	13,5
		60	1505	-	31,9	2,12	108	13,9
		90	1935	150	43,4	2,24	140	14,0
		90	1950	-	40,8	2,10	140	13,9
		Max	2310		50,9	2,20	164	14,1
					106,5	AGW		
9	Ba.	R	295		7,5	2,53	66	4,5
	Normalperson	30	920	-	20,7	2,25	88	10,5
		60	1320	110	27,6	2,09	104	12,7
		90	1770	50	38,2	2,16	120	14,7
		Max	2490		92,5	3,72	156	16,0
					188,5	AGW		
0	Ech.	R	320		8,1	2,54	72	4,5
	Mitralstenose	30	1200	-	25,8	2,16	96	12,5
		45	1330	-	30,3	2,28	104	12,8
		75	1555	-	41,3	2,66	124	12,5
		90	1650	200	57,5	3,49	136	12,2
		120	1665	280	73,0	4,38	152	10,9
		Max	1940		101,5	5,23	180	10,8
					121,0	AGW		
1	Kai.	R	300		9,2	3,08	64	4,7
	Mitralstenose	30	1025	-	35,0	3,41	88	11,7
		40	1165	100	39,4	3,38	100	11,7
		40	1120	80	39,1	3,49	96	11,7
		60	1325	70	60,3	4,55	124	10,7
		Max	1380		72,9	5,02	148	9,3
					112,0	AGW		
2	Go.	R	290		7,1	2,45	64	4,6
	Mitralstenose	30	920	-	25,4	2,76	88	10,5
		40	1010	20	32,8	3,25	96	10,5
		60	1115	abgebr.	46,0	4,13	112	10,0
		Max	1300		50,5	3,88	144	9,0
					128,0	AGW		
3	Bo.	R	245		6,4	2,62	64	3,8
	Mitralstenose	30	940	-	28,8	3,06	88	10,7
		60	1220	100	39,7	3,25	116	10,5
		Max	1360		51,6	3,79	172	7,9
					114,5	AGW		
4	We.	R	305		10,8	3,55	72	4,2
	Mitralstenose	20	1015	120	25,1	2,37	88	11,5
		20	1045	-	24,8	2,39	92	11,4
		30	1110	110	28,6	2,58	104	10,7
		Max	1355		36,8	2,71	136	10,0
					72,3	AGW		
5	Kau.	R	330		10,7	3,26	84	3,9
	Mitralstenose	20	925	-	29,8	3,22	100	9,3
	Bronchial-Tu.	40	1255	60	39,9	3,18	112	11,2
		60	1320	-	44,5	3,37	128	10,3
		Max	1320		58,3	4,42	144	9,2
					108,5	AGW		
6	Ri.	R	330		9,3	2,86	68	4,9
	Mitralstenose	30	1110	70	35,4	3,19	92	12,1
		60	1365	290	61,3	4,50	120	11,4
		Max	1730		67,0	3,88	172	10,0
					94,6	AGW		

Nr.	Name	Watt /sec	O ₂ -Aufn. ml/min	C ₂ -Def. ml	AMV l/min	AA	Puls /min	O ₂ -Pul
17	Mer.	R	255		9,3	3,64	76	3,4
	Panzerherz	30	1040	50	29,4	2,82	96	10,8
	operiert	50	1210	20	35,7	2,95	112	10,9
		60	1290	70	39,6	3,07	124	10,4
		Max	1350		39,2	2,90	140	9,6
					50,7	AGW		
18	Sch.	R	260		9,3	3,58	72	3,6
	Panzerherz	30	910	-	22,1	2,43	96	9,5
		50	1030	100	31,6	2,07	112	9,2
					52,5	AGW		
19	Kr.	R	310		11,2	3,64	76	4,1
	Aorten-	30	950	-	25,1	2,67	96	9,9
	isthmusstenose	60	1340	-	40,5	3,01	112	12,4
		90	1680	70	52,8	3,14	132	12,7
		90	1645	110	54,5	3,24	132	12,5
		Max	1930		74,5	3,86	152	12,7
					124,0	AGW		
20	Be.	R	275		6,8	2,50	72	3,8
	Aorten-	30	960	-	20,3	2,15	96	10,0
	isthmusstenose	60	1410	60	33,8	2,40	116	12,2
		90	1890	20	52,0	2,76	140	13,5
		Max	2240		68,5	3,06	168	13,3
					104,0	AGW		
21	Fr.	R	340		10,1	2,97	80	4,2
	Aorten-	30	980	-	22,6	2,30	100	9,8
	isthmusstenose	60	1430	60	32,9	2,30	120	11,9
		90	1870	100	42,3	2,26	140	13,3
		90	1835	130	44,5	2,43	140	13,1
		Max	2210		59,0	2,26	164	13,5
					200,5	AGW		
22	Ar. weibl.	R	305		9,3	3,09	88	3,4
	Hypertonie	30	915	-	22,3	2,43	132	6,9
	Links-	60	1240	190	41,6	3,36	148	8,4
	insuffizienz	60	1250	-	40,5	3,20	148	8,4
		Max	1970		77,2	3,92	180	10,9
					139,0	AGW		
23	Da.	R	320		9,1	2,83	76	4,2
	Aorten-	30	1095	-	30,2	2,76	100	11,0
	isthmusstenose	60	1660	-	48,0	2,89	124	13,4
		75	1865	100	57,8	3,10	132	14,1
		75	1895	-	55,2	2,91	132	14,4
		90	2000	350	81,8	4,09	156	12,8
		105	2140	370	92,2	4,32	172	12,4
		Max	2530		83,5	3,30	188	13,4
					138,0	AGW		
24	Ge.	R	245		7,8	3,19	84	2,9
	Emphysem	20	955	100	28,7	3,00	112	8,5
		20	960	50	29,8	3,10	112	8,6
		30	1130	50	32,9	2,91	136	8,4
		Max	1180		38,2	3,24	140	8,5
					45,6	AGW		
25	Fr.	R	285		6,9	2,43	80	3,5
	Emphysem	20	885	110	20,2	2,28	96	9,2
		20	895	30	20,4	2,27	100	9,0
		20	895	50	21,4	2,39	100	9,0
		Max	1010		33,1	3,28	104	9,7
					31,6	AGW		

r.	Name	Watt /sec	O ₂ -Aufn. ml/min	O ₂ -Def. ml	AMV l/min	AA	Puls /min	O ₂ -Puls
Ko.	R	265			8,0	3,02	72	3,7
Emphysem	20	855	-		22,1	2,58	80	10,7
	40	1075	-		23,4	2,17	88	12,2
	40	1080	-		24,6	2,28	88	12,3
	60	1315	120		27,8	2,12	96	13,7
	80	1470	180		30,9	2,11	104	14,2
	Max	1880			36,2	1,92	124	15,2
					32,8	AGW		
Pa.	R	330			10,4	3,15	68	4,8
M. Boeck	30	995	320		18,7	1,88	92	10,8
	60	1345	160		25,0	1,84	116	11,6
	60	1360	90		26,4	1,94	116	11,7
	90	1665	120		35,2	2,11	140	11,9
	90	1660	100		34,3	2,06	140	11,9
	Max	2540			83,2	3,28	168	15,1
					189,0	AGW		
Ku.	R	285			9,3	3,26	76	3,8
Emphysem	40	815	240		31,8	3,9	96	8,5
	60	1155	-		46,0	3,98	112	10,3
Rechts-	60	1120	120		45,6	4,07	112	10,0
insuffizienz	60	1155	90		46,2	4,00	112	10,3
	80	1275	-		50,7	3,98	124	10,3
	Max	1270			48,2	3,81		
					53,0	AGW		

Literaturverzeichnis

Abelin, Rh. und Scherrer, M.

Untersuchungen am Metabographen von Fleisch
mit fortlaufender arterieller Blutgasanalyse.

Schweiz. Med. Wschr. 90, 369 (1960)

Alleröder, H. und Landen, H.C.

Das Verhalten der Komplementärluft, der Reser-
veluft und der Sauerstoffaufnahme im Ar-
beitsversuch.

Z.exper. Med. 108, 406-410 (1940)

Über den störenden Einfluß äußerer Faktoren
im Belastungsversuch bei Herzkranken.

Zbl. inn. Med. 63, 273 (1942)

Anthony, A.G.

Lungenfunktionsprüfungen

Leipzig: Georg Thieme 1937

Barthesl, H., Bücherl, E., Hertz, C.W., Rodewald, G., Schwab, H.

Lungenfunktionsprüfungen

Springer Berlin 1959

Benedict, F.G., Lee, R.C. und Strieck, F.

The influence of breathing oxygen-rich at-
mospheres on human respiratory exchange
during severe muscular work and recovery
from work.

Arb. physiol. 8, 226-303 (1934)

Bjerknes, W.

Kritische Untersuchungen über Funktions-
prüfungen in Luft und Sauerstoff.

W. Beitr. Klin. Tbk. 93, 454-471
(1939)

Böhlau, V.

Prüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit
Leipzig 1956

Bolt, W., Kann, J., Valentin, H. und Venrath, H.

Vergleichende Untersuchungen gebräuchlicher
Herz-Kreislauf-Funktionsprüfungen im Hin-
blick auf die Beurteilung von Silikosekranken.
Arch. f. Gewebepath. 14, S.340-356
(1956)

Brauer, L.

Gasanalytische Herzfunktionsprüfung
Verh. dtsh. Ges. inn. Med. 50,
78 (1936)

Die respiratorische Insuffizienz
Verh. dtsh. Ges. inn. Med. 44, 120
(1932)

Brauer, L. und Knipping, H.W.

Über das sogenannte spiographische Defizit
und einige Bemerkungen zur arteriellen Blut-
gasanalyse in der Herz- und Lungenklinik.
Med. Klin. 44, 1429 (1949)

Bühlmann, A., Schaub, F. und Luchsinger, R.

Die Hämodynamik des Lungenkreislaufes während
Ruhe und körperlicher Arbeit beim Gesunden und
bei verschiedenen Formen der pulmonalen Hypertonie.
Schweiz. med. Wschr. 85, 253 (1955)

Christensen, E.H., Högberg, P.

Steady state, O_2 -defizit and O_2 -debt at severe
work.
Arbeitsphysiologie 14, 251 (1950)

Christensen, E.H.

Beiträge zur Physiologie schwerer körperlicher
Arbeit.
Der Stoffwechsel und die respiratorischen Funk-
tionen bei schwerer körperlicher Arbeit.
Arbeitsphysiologie 5, 463-478 (1932)

Ders

Funktionsprüfung von Atmung und Kreislauf
mittels der Spiroergometrie nach Brauer-
Knipping.

Beitr. Silikose-Forschung, Bochum,
7, 21 (1950)

Ders und Van Uytvanck, P.

Einige Untersuchungen über die Kreislauf- und
Lungenleistung bei schwerer Arbeit.

Z. ges. exp. Med. 88, 279 (1933)

Felder, O.

Kriterien der Ergo-Spirometrie für die Be-
urteilung der pulmonal bedingten Leistungsmin-
derung.

Thoraxchir. Bd. 9, Heft 2 (1961)

Die Bedeutung der Spiroergometrie und ihre
energetische Auswertung.

Münch. Med. Wschr. 100 Jahrg. 1958
Nr. 9, S. 335-338

Aussagemöglichkeiten der modernen Lungen-
funktionsanalysen.

Münch. Med. Wschr. 18, 901-909 (1960)

Oxymetrische und blutgasanalytische Methoden
zur Beurteilung pulmonal-kardial bedingter
Leistungsgrenzen.

Beitr. z. Kl. der Tbk. 123, 211 (1961)

Versuch einer altersgerechten Beurteilung der
körperlichen Leistungsfähigkeit bei spiro-
ergometrischen Prüfmethode.

Klin. Wschr. 16, 844-849 (1959)

Galetti, P.M. Haab, P., May, P. und Fleisch, A.

L'état d'équilibre des échanges respiratoires
pendant l'exercice musculaire.

J. Physiol. (Paris) 48, 548 (1956)

Hansen, E.

Kreislauf und Atmung bei körperlicher Arbeit.

Handb. norm. u. path. Physiol. 15, 904 (1931)

Heinecker, R. und Zipf, K.E.

Über den Einfluß von Licht und Wärmereizen auf
das Verhalten von Kreislauf und Atmung während
und nach körperlicher Belastung.

Zschr. f. Kreisl. forsch. 49, 905 (1960)

Herbst, R.

Der Gassstoffwechsel als Maß der körperlichen Leistungsfähigkeit. Die Bestimmung des Sauerstoffaufnahmevermögens beim Gesunden.

Dtsch.Arch. klin. Med. 162, 33 (1928)

Hermannsen, J.

Die ergometrische Methode als Funktionsprüfung für Herz und Lunge.

Beitr.Klin. Tbk. 92, 395 (1939)

Hill, A.V., Long, C.N.H. und Lupton, H.

Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen.

Proc. roy. Soc. London B 96,438

96,455

97, 84

97,155 (1923/24)

Hollmann, W.

Der Arbeits- und Trainingseinfluß auf Kreislauf und Atmung.

Darmstadt (1959)

Schädigungsmöglichkeiten von Herz und Kreislauf durch körperliche Belastung.

Ärztl. Wschr. 14, 605 (1959)

Zur Frage der Dauerleistungsfähigkeit.

Fortschr. d. Med. Jahrg. 79 Nr.17 (1961)

Arbeitsbericht (1960)

Hollmann, W., Valentin, H., Venrath, H.

Über das steady state des Sauerstoffverbrauchs bei Belastungen am Drehkurbel-Ergometer.

Sportm. 8 (1957)

Über Atmung und Kreislauf jugendlicher Personen während dosierter körperlicher Belastung.

Sportarzt 4 (1959)

Vergleichende Arbeitsuntersuchungen männlicher und weiblicher Personen unter fortlaufender Registrierung von Ventilation, Stoffwechsel, Pulsfrequenz und Blutdruck.

Münch. Med. Wschr. 39, 1680 (1959)

Über das Verhalten von Ventilation und Stoffwechsel gesunder männlicher Personen verschiedenen Alters bei leichter und mittelschwerer Arbeit.

Ztschr. f. Altersforschung Bd. 13, H.1 (1959)

Hollmann, W., Valentin, H., Venrath, H., Bonnekoh, A.
Untersuchungen zum Verhalten des Sauerstoffpulses unter verschiedenartiger körperlicher Belastung, unterschiedlicher Arbeitsintensität und -dauer.

Sportarzt 9 (1961)

Hollmann, W., Venrath, H., Tietz, N.

Die Streubreite der Sauerstoffaufnahmewerte bei spiroergometrischen Untersuchungen.

Zschr. f.Kreisl.forschung 45,95 (1956)

Jéquier-Doge, E.

A propos du déficit-oxygène.

Schweiz.Med.Wschr. 80, 587 (1950)

Joss, E.E.

Spiroergometrie bei Gesunden.

Diss. Bern (1958)

Kaltenbach, M. und Klepzig, H.

Zur unblutigen Blutdruckmessung während körperlicher Arbeit.

Med. Welt 100 (1961)

Das spiographische Sauerstoffdefizit im Arbeitsversuch.

Zschr. f.Kreisl.forschg. 50, 705 (1961)

Kann, J.

Arbeitatmung und Atemgrenzwert bei steigender Belastung von Normalpersonen.

Diss. Köln (1953)

Kelp, H.H.

Die maximale Sauerstoffaufnahme bei jungen Frauen.

Zschr.f. Kreisl.forschg. 49, 708 (1960)

Kirchhoff, H.W., Reindell, H., Gebauer, A.

Untersuchungen über die Sauerstoffaufnahme, Kohlendioxydabgabe, das Atemminutenvolumen, Atemäquivalent und den respiratorischen Quotienten während körperlicher Belastung bei Normalpersonen und Hochleistungssportlern.

Dtsch.Arch.f. kl.Chemie 203, 423-447(1956)

Klepzig, H. und Kaltenbach, M.

Die Belastungsinsuffizienz des Herzens und ihre Erkennung.

Dtsch.Med.Wschr. 87. 35 (1962)

Knipping, H.W.

Über die Funktionsprüfung von Atmung und Kreislauf.

Beitr.Klin. Tbk. 88, 503 (1936)

Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Herzens und der Lungen.

5. Augsburger Fortbildungstage (1953)

Das kranke Herz während körperlicher Arbeit und sportlicher Belastung und einige Bemerkungen zur Arbeitstherapie.

Münch.med.Wschr. 92, 29 (1950)

Knipping, H.W., Hollmann, W.

Beurteilung der menschlichen Leistungsfähigkeit.
in Heiss, F. : Praktische Sportmedizin
Stuttgart (1960)

Knipping, H.W., Bolt, W., Valentin, H. und Venrath, H.

Untersuchung und Beurteilung des Herzkranken.
Stuttgart (1960)

Knipping, H.W., Paschen, H. und Steinmeyer, W.

Untersuchungen über die Arbeitsatmung.
Zbl. inn.Med. 381-387 (1938)

Knipping, H.W., Ludes, H. Valentin, H. Venrath, H.

Beitrag zur Differenzierung der Insuffizienz des linken, des rechten Herzens und der Lungen nebst Bemerkungen zur Herzsondierung und zum Defizitproblem.

Med. Klin. 48, 161 (1953)

Landen, H.G.

Die funktionelle Beurteilung des Lungen- und Herzkranken.

Darmstadt (1955)

Modifikation der Herz- und Lungenfunktionsprüfung mit Spirograph und Ergometer zum Zwecke eines Untersuchungsverfahrens in einem Versuchsgang.

Beutr. Klin. Tbk. 108, 406 (1953)

Lehmann, G und Michaelis, H.

Die Messung der körperlichen Leistungsfähigkeit.

Arbeitsphysiol. 11, 376 (1940/41)

- Marx, H.H., Zack, W.J. und Müller, O.E.
 Untersuchungen zur spiroergometrischen Differenzierung der kardialen und pulmonalen Arbeitsleistung.
 Zschr. f. Kreisl.forsch. 43, 714 (1954)
- Marx, H.H.
 Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit mittels Schellong-Test und Ergospirographie.
 Sportmedizin 6 (1957)
 Sichere und unsichere Kriterien der Leistungsfähigkeit.
 Dtsch. Sport-Ärztetkongress
 Mannheim (1961)
- Meakins, J. und Long, C.N.H.
 Oxygen consumption, oxygen debt and lactic acid in circulatory failure.
 J.clin. Invest. 4, 273 (1927)
- Mellerowicz, H.
 Ergometrie
 Urban u. Schwarzenberg (1962)
- Michaelis, H. und Müller, E.A.
 Über die Höchstgeschwindigkeit der Sauerstoffaufnahme des Körpers.
 Arbeitsphysiologie 11, 462 (1941)
- Müller, O.E.
 Spirographische Untersuchungen bei Gesunden und Lungenkranken.
 Diss. Marburg (1954)
- Müller, E.A.
 Ein Leistungspulsindex als Maß der Leistungsfähigkeit.
 Arbeitsphysiologie 14, 271 (1950)
- Neef, W.
 Nachweis des spirographischen Sauerstoffdefizits im offenen System.
 Zschr. f. Lungentbc. 114, 338 (1960)
- Nöcker, J. Lehrbuch für Sportmedizin
 Leipzig (1955)

Reindell, H. und Kirchhoff, H.W.

Über die kombinierte Funktionsprüfung des
Kreislaufs und der Atmung.

Dtsch. Med. Wschr. 81, 592, 659, 1048
(;956)

Reindell, H., Klepzig, H., Stein, H., Musshoff, K., Roskamm,
H. und Schildge, H.E.

Herz, Kreislaufkrankheiten und Sport
München (1960)

Rossier, P.H. und Bühlmann, A.

Studien über die Pathophysiologie der Atmung bei
Silikose. Die Lungenfunktion im Arbeitsversuch.

Wschr. naturforsch. Ges. Zürich, 95, 51 (1950)

Rossier, P.H. und Wiesinger, K.

Patho-physiologische Differenzierungen durch den
Sauerstoffversuch.

Beitr. Klin. Tbk 101, 407 (1948)

Rossier, P.H., Bühlmann, A. und Wiesinger, K.

Physiologie und Pathophysiologie der Atmung
Berlin (1956)

Rossier, P.H., Bühlmann, A. und Luchsinger, P.

Bemerkungen über Diffusionsstörungen der
Lunge.

Schweiz. Med. Wschr. 84, 25 (1954)

Uhlenbruck, P.

Über die Wirksamkeit der Sauerstoffatmung.
Z. ges. exp. Med. 74, 1 (1930)

Valentin, H.

Der Insuffizienzbegriff in der Herzkllinik und
die Abgrenzung der Arbeitsinsuffizienz unter
besonderer Berücksichtigung klinischer Beurtei-
lungsfragen.

Arch. f. Kreisl. forsch. 24, 274 (1956)

Valentin, H. und Venrath, H.

Einige Bemerkungen zu den Herzfunktionsprüfungen
im Bereich der Vita maxima.

Münch. Med. Wschr. 97, 695 (1955)

Über das spiographische und das arterielle
Sauerstoffdefizit in der Herz- und Lungenkllinik.

Ärzt. Forsch. 9, 431-436 (1952)

Valentin, H. und Venrath, H.

Die Differenzierungen der respiratorischen Arbeitsinsuffizienz von der kardialen Arbeitsinsuffizienz unter besonderer Berücksichtigung der Links- und Rechtsinsuffizienzen des Herzens.

Beitr.z. Klin.d.Tbk. 107, 35-63 (1952)

Die Spiro-Ergometrie nach Brauer und Knipping. Ein objektiver und quantitativer Test für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Herzens und der Lungen.

Acta. Med. Scand. 211, 90 (1952)

Valentin, H. Kann, J.

Fragen der praktischen Lungenfunktionsprüfungen bei Berufskrankheiten.

Berufskr.i.d.Keram.u.Glasind. 7 (1959/60)

Valentin, H., Venrath, H. und Albrecht, H.

Der Sport und die Leistungsfähigkeit des Herzens.

Sportmed. 4, 1 u. 2 (1953)

Valentin, H., Venrath, H., v. Mallinckroth und Gürekar, M.

Die maximale Sauerstoffaufnahme in den verschiedenen Altersklassen. Eine praktisch wichtige Herz-Kreislauf-Funktionsprüfung im Vita-maxima-Bereich.

Z.Altersforsch. 9, 291 (1955)

Valentin, H. Venrath, H., Balodimos, J., Giovannelli, G.

Die maximale Sauerstoffaufnahme.

Zschr.f.Kreisl.forsch. 44, 770 (1955)

Valentin, H., Hollmann, H., Venrath, H.

Über die Möglichkeiten der Prüfstand-Untersuchungen von Lungen, Herz und Kreislauf während Arbeitsbelastungen.

Med. Welt 31, 1573-79 (1960)

Wiepking, W.

Untersuchung des Sauerstoffverbrauchs bei körperlicher Arbeit als Maßstab der kardialen und pulmonalen Leistungsbegrenzung.

Z.exp. Med. 97, 423-433 (1955)

Zaeper, G.

Über die Bestimmung der Kreislaufleistung als Maß für die Beurteilung der sportlichen Leistungsfähigkeit.

Klin. Wschr. 1705 (1957)

Zaeper, G.

Über die Bedeutung und Verwendung arbeit-
physiologischer Erkenntnisse in der Klinik
der Lungen- und Kreislaferkrankungen.

Dtsch. Arch.klin. Med. 186, 1 (1940)

Zaeper, G., Kosterkötter, W. und Künzer, W.

Die Bestimmung der Sauerstoffschuld bei
Körperarbeit.

Z.exp. Med. 110, 226-251 (1942)

Zorn, O.

Funktionsprüfungen von Atmung und Kreis-
lauf mittels der Spiro-Ergometrie nach
Brauer-Knipping.

Beitr. Silikose-Forsch. 7, 23 (1950)

Lebenslauf

Am 3.1.1935 wurde ich als Sohn des Fabrikanten Erich Zühlke und seiner Ehefrau Paula, geb. Pifrément, in Stettin geboren. Nach Besuch des Friedrich Wilhelm Realgymnasiums in Eschwege erhielt ich 1956 das Reifezeugnis. Während meines Medizinstudiums war ich an der Universität zu Wien und an der Philipps Universität Marburg, wo ich im Januar 1962 das Staatsexamen ablegte. Nach den beiden Medizinalassistentenjahren am Marienhospital in Witten und in Gelsenkirchen-Buer habe ich meine chirurgische Facharztausbildung am 1.4.1964 im Kreiskrankenhaus in Eschwege begonnen. Seit dem 1.9.1964 bin ich in der chirurgischen Klinik der Stät. Ferdinand-Sauerbruch-Krankenanstalten in Wuppertal-Elberfeld tätig.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren
Professoren und Dozenten:

Philipps- Universität Marburg:

Beckmann, Berendes, Bickel, Bock, Bücher, Dimroth,
Exner, Förster, Gedigk, Hamm, Hartmann, Heite,
Hensel, Heuser, Jakob, Kalkhoff, Kyrieleis, Marx,
du Mesnil de Rochement, Meyer, Müller, Neubauer,
Niessing, Oehme, Petry, Pirson, Prinz, Schmid,
Schmitz, Schölmerich, Schwaiger, Seidel, Siegert,
Streicher, Villinger, Walcher, Wendt, Würtele.

Universität zu Wien:

Antoine, Chiari, Fellingner, Schönbauer, Zischka,
Zacherl.

